विज्ञान-परिषद् ग्रन्थमाला—संख्या ९

महामहोपाध्याय पंडित गङ्गानाथ झा, एम्. ए., डी. लिट्.
एल-एल. डी. द्वारा सम्पादित

ताप

लेखक

पंडित प्रेमबल्लभ जोशी, बी. एस-सी.
श्री विश्वम्भरनाथ श्रीवास्तव, एम. एस-सी.

प्रकाशक
विज्ञान-परिषद्, प्रयाग.

चौथी बार] १९८८ वि०

प्रकाशक—
विज्ञान-परिषद्, प्रयाग ।

मुद्रक—
बा० जीवनलाल,
कला प्रेस, प्रयाग ।

सम्पादकीय वक्तव्य

यह विज्ञानपरिषद् ग्रंथमालाकी दूसरी पुस्तक है। विज्ञान-प्रवेशिकाका जो आदर पाठक मंडलीमे हुआ और उसके ऊपर जो पत्र सम्पादकोंकी कृपा हुई उनसे प्रोत्साहित होकर परिषत् इस दूसरे ग्रन्थको पाठकोंके सामने रखती है। यदि पूर्ववत् कृपा बनी रही तो इसी तरह और भी विज्ञानके प्रत्येक प्रधान विषय पर छोटी छोटी पुस्तकोंको प्रस्तुत करनेका प्रबन्ध परिषत्की ओरसे होता रहेगा।

विज्ञान, इतिहास आदि विषयोंका मातृभाषामे ही पढ़ाना उपकारक है यह सिद्धान्त अब इसी देशमें भी स्वीकृत हो रहा है। पर यथार्थ उपकार तभी होगा जब ऊंचे दरजेकी भी शिक्षा मातृभाषामे ही होगी। जबतक ऐसा नहीं होता तबतक कुछ हानिकी सम्भावना है। सिद्धान्त स्वीकृत होगया है और नीचे दरजोंमें इसके अनुसार व्यवहार भी होगा तब कुछ दिनो मे इससे जो उपकार और इसके आधे व्यवहारसे जो हानियां होंगी इनको देखकर बुद्धिमान् लोग स्वयं इसके पूर्ण रूपसे व्यवहारकी भी आवश्यकता समझेंगे और तदनुसार व्यवहार करेंगे, इसमे सन्देह नहीं। तबतक जितना ही व्यवहार स्वीकृत हुआ उसीके लिए धन्यवाद करना परिषत्का कर्तव्य है।

योग्य रचयिताने विज्ञानप्रवेशिकाके ढंगपर ही विज्ञानके इस दुरूह विषयको जैसा सरल कर दिया पढ़नेसे स्पष्ट होता है। साहित्य प्रेमी पहली संख्याकी भांति इसका भी यथेष्ट आदर करेंगे।

विज्ञानप्रवेशिकाका उर्दू प्रतिरूप छपकर तैयार हो गया है। हिन्दी प्रवेशिकाकी तरह इसका भी आदर उर्दू पाठकोंने किया तो 'ताप' का भी उर्दू प्रतिरूप छापनेका प्रबन्ध किया जायगा।

म्योर कालेज--प्रयाग
विजया दशमी १९७२

गंगानाथ झा

द्वितीय संस्करण

हिन्दी पढ़नेवालो की कृपासे इस पुस्तकके दूसरे संस्करणका अवसर आ गया है। यह सस्करण यथार्थमे 'संस्करण' हुआ है। पुस्तकका आकार बढ़ाया गया है, कई अध्याय नये लिखे गये हैं। पहिले लिखे हुए अंशोंका भी सावधानतासे संशोधन किया गया है। संशोधनके समय यही दृष्टि रक्खी गयी है कि पुस्तक अपने विषयकी पूर्ण परिचायिका हो और भाषा भी यथासम्भव सुबोध है। इसी उद्देशसे गणितका अंश जहांतक हो सका कम रक्खा गया है। आशा है इन संस्करणोंको साहित्य रसिक पसन्द करेंगे और परिषत्‌के उत्साहको बढ़ाकर हिन्दी साहित्य संसारको सुशोभित करनेमे सहायता देंगे।

हिन्दी-साहित्य-सम्मेलनकी परीक्षाओंकी पाठ्यपुस्तकोमे यह पुस्तक नियत की गयी है। 'ताप' का उर्दू प्रतिरूप 'हरारत' नामसे प्रकाशित हो गया है।

संस्कृत कालिज
काशी—
शिवरात्रि १९७५

गंगानाथ झा

तृतीय संस्करण

ताप का यह तीसरा संस्करण हिन्दी संसार के समीप उपस्थित है। ५ वर्ष में इस पुस्तक के तीन संस्करण होना ही हिन्दी साहित्य में इसकी उपयोगिता का प्रदर्शक है।

गंगानाथ झा

चतुर्थ संस्करण

१० वर्ष के बाद इस पुस्तक के चतुर्थ संस्करण की आवश्यकता हुई है। इन दस वर्षों में वैज्ञानिक विद्या बहुत बढ़ गई है और कई पुराने सिद्धान्त अब नवीन रूप धारण करने लगे हैं। इसी से इस नवीन संस्करण में पृष्ठ संख्या लगभग दुगनी हो गई है—तृतीय संस्करण मे ९६ पृष्ठ थे। इसमें १६० हैं। संस्करण बड़ी सावधानता से की गई है।

इस ग्रन्थ का उर्दू अनुवाद भी विज्ञान परिषद् ने छापा था। इस बात के उल्लेख करते शोक होता है कि उर्दू अनुवादक मौलवी मेहदी हुसेन नासिरी की मृत्यु इसी वर्ष हुई है। मौलवी साहब परिषद के प्राचीन सेवको में थे। आशा है उनके ग्रन्थ के भी पुनः संस्करण का अवसर शीघ्र आवेगा जिससे उनकी कीर्ति फिर उज्जीवित हो जाय।

विज्ञान परिषद् का काम अच्छे ढंग से चल रहा है। इसके लिये सञ्चालकों को अनेक धन्यवाद।

८—८—३१

गङ्गानाथ झा

विषय सूची

ताप

१—ताप पर साधारण विचार

ड़ोमे आग बहुत प्यारी लगती है। आगके पास एक तरहका सुख मालूम होता है। यह सुख शरीरकी त्वचा (खाल) से सम्बन्ध रखता है। आँख कान बन्द भी हो तो भी गरमी मालूम होती है। आँखोमे पट्टी बाँधकर कोई आपको एक जलती अँगीठीके पास खड़ा कर दे तो आप तुरन्त जान जायँगे कि आग पास है। ऐसे ही अगर कोई बरफका टुकड़ा हाथ मे रख दे वह आपको ठंडा लगेगा। परन्तु आपसे पूछा जाय कि "ठंडा" या "गरम" किसे कहते है तो जवाब देना कठिन हो जायगा। जैसे खट्टा मीठा चखनेसे मालूम होता है, पर सिवाय अनुभवके और कोई लक्षण नही बताया जा सकता, उसी तरह गरमी भी अनुभवका विषय है।

एक हद तक गरमी हमे भली लगती है, बढ़ जाने पर हम उसे सह नही सकते, बुरी लगती है। यही हाल ठंडकका भी है।

किसी वस्तुको जब हम जानना चाहते हैं तो उसके गुणो-की परीक्षा करते हैं। वस्तुओंकी पहचान उनके गुणो से ही होती है। खड़िया मिट्टी सफेद टुकड़ो मे मिलती है। इसे काले

तख्ते पर रगड़े तो सफ़ेद निशान पड़ जाता है। छूनेमें प्रायः कड़ी होती है, पर पत्थरसे सहज ही बुकनी की जा सकती है। तराज़ू पर तोली जा सकती है। पानीमें नहीं घुलती, पर सिरकेमें घुलती है, सिरका फदकने लगता है। यह सब गुण खड़िया मिट्टीको पहचनवाते हैं। निदान. किसी वस्तुको हम जानना चाहें तो उसके गुणोंकी परीक्षा करनी होगी।

गरमीके बारे में भी हम विशेष रूपसे कुछ जानना चाहें तो गरमीके गुणोंकी परीक्षा करनी होगी। खड़ियाको जाननेके लिए हम अपनी पांचों इन्द्रियोंसे परीक्षा कर सकते हैं। देख कर रंग रूप, सूंघ कर वास. सुन कर शब्द, चख कर स्वाद और छूकर नरमी, कड़ाई, सरदी. गरमी जान सकते हैं। इसके सिवा तोलकर वज़न जान सकते हैं। इसी तरह हम गरमीके गुणोंकी परीक्षा करना चाहें तो आँख, नाक, कान और जीभ लाचार हैं, क्योंकि गरमी देखी, सुनी, सूंघी, चखी नहीं जा सकती। अब रही छूनेकी बात, सो गरमी छुई नहीं जाती—छुई जाती हैं वह वस्तुएं जो गरम होती हैं। यह कहना कि गरमी छुई जा सकती है अशुद्ध होगा। गरमी तो गरम वस्तुओंकी एक अवस्था है जो त्वचासे मालूम होती है. और सभी पदार्थों में होती है। अब रही तोलने की बात। धरती पर जितने पदार्थ हैं उनमें भार होता है। जो वस्तु तोली जा सके वही वैज्ञानिकों की दृष्टि में पदार्थ है। अगर गरमी तोली जा सके तो हमको मानना पड़ेगा कि गरमी एक पदार्थ है। परन्तु गरमी तोली भी नहीं जा सकती। मान लीजिए. आपके पास दो सेर भारी लोहेका गोला है। इसे आप आगमें लाल करके फिर तोलें तो तोलमें अन्तर नहीं आएगा। इससे निश्चय हुआ

कि गरमी कोई पदार्थ नहीं है। इन बातों पर विचार करके साधारण रीतिसे यही समझमे आता है कि गरमी वस्तुकी अवस्था है।

वस्तुओंको हम गुणों के सहारे जानते पहचानते हैं। गुणों को जानने पहचाननेका क्या उपाय हो सकता है? यह प्रश्न टेढा है, परन्तु अब भी हम कुछ न कुछ उपाय कर ही सकते है। हम जानते हैं कि गरमी एक अवस्था है, तो यह खोज अवश्य कर सकते है कि जिन जिन वस्तुओंकी यह अवस्था हो जाती है उन वस्तुओंमे इस अवस्था के आने से क्या नयापन आ जाता है, क्या परिवर्तन हो जाता है। आगे चलकर हम इसी बात पर विचार करेंगे।

अभ्यास के लिये प्रश्न

१—किसी पदार्थ की जानकारी हमें कैसे होती है?

२—गरमी की परीक्षा कैसे की जा सकती है?

३—क्या गरमी कोई पदार्थ वा वस्तु है?

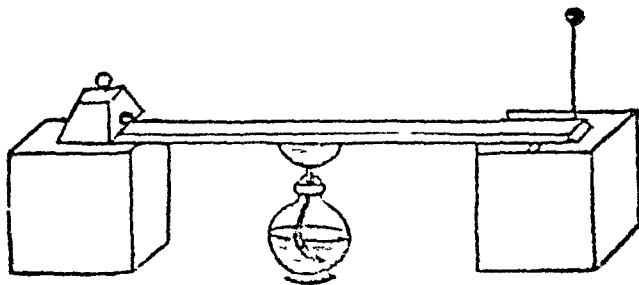
२—पदार्थका फैलना

तल के मुंहमे कांचकी डाट अड़ जाती है, तो लोग बहुधा बोतल के मुंहको बाहरसे चारो ओर गरम करते है और डाट तुरन्त निकल आती है। इसका क्या कारण है? क्यो डाट निकली? इस प्रश्न के दो उत्तर हो सकते है। पहला यह कि बोतलका मुंह गरम होनेसे बड़ा हो जाता है और दूसरा यह कि

डाट छोटी पड़ जाती है। इनमे पहला ही उत्तर ठीक माना जाता है क्योंकि परीक्षा करके देखा गया है कि गरमीसे सब पदार्थ बढ़ जाते है।

ससारकी सभी चीजे—ठोस, द्रव या गैस (वायव्य)—तीनोमे से एक तरहकी अवश्य होती है। इसलिए इस जॉच मे, कि गरमी पाकर सभी पदार्थ बढ़कर फैलते है, तीनो तरहकी चीजें लेकर गरम करना और गरम ही दशामे नापना उचित होगा। पहले ठोस वस्तुओकी परीक्षामे एक लोहेका नपा हुआ छड़ लाल करके नापें तो लम्बाई कुछ अधिक पायी जायगी। साधारणत ठोस चीजें गरमी पाकर इतनी ज्यादा नहीं फैल जाती कि देखने मे बड़ी लगे। बहुतेरी चीजें तो बहुत आंच देने पर भी बारीक नाप से ही फैली हुई मालूम हो सकती हैं। आजकल कल-पुरजों के युग मे इस फैलाव का नापना बड़े महत्व का, बड़ा उपयोगी काम हो गया है। ऐसे अनोखे और अद्भुत यन्त्र बने हुए है जो यह बतलाते है कि कोई वस्तु कितना गरम करने से कितनी बढ जाती है। यन्त्रो का वर्णन यहॉ वृथा है क्योकि यह सब लोगो को प्राप्य नही है। तब भी एक बहुत ही सीधा सादा यन्त्र आप अपने घर बना सकते हैं और इससे आपको यह फैलाव प्रत्यक्ष हो जायगा।

प्रयोग १—एक चपटे और लम्बे लोहे के छड़ को लकडी के दो बराबर टुकड़ों के ऊपर इस तरह रक्खो कि एक सिरा एक पर और दूसरा दूसरे पर रहे। एक सिरे से सटा हुआ एक बड़ा पत्थर रख दो कि छड़ उस ओर सरकने न पावे। एक गोल पेंसिल लेकर उसके सिरेपर समकोण बनाती

हुई एक आलपीन गाड़ दो। इस पेंसिलको लोहेके दूसरे सिरे-के नीचे इस तरह रक्खो कि पेंसिल और आलपीन दोनो लोहे से समकोण हो और आलपीन लोहेके पास ही लम्ब हो-कर खड़ी रहे। अब अगर इस ओर लोहा बढ़ेगा तो पेंसिल बेलनकी तरह बेल जायगी जिससे आलपीन भी घडीकी सुई-को तरह घूम जायगी। ऐसा यंत्र बनाकर लोहेकी 'छडको आंच-से गरम कीजिये (चित्र १) तो आलपीन घूम जायगी।

चित्र १

गरमीसे जो फैलाव होता है वह लम्बाई चौड़ाई मोटाई तीनो दिशाओमे होता है और गरमी पाकर जो चीज फैलती है वह सब ओर फैलती है।

जिस तरह गरम करनेसे किसी वस्तु की लम्बाई, चौडाई, मोटाई बढ़ जाती है उसी तरह ठंडा होने से घट भी जाती है। ऊपर कही हुई परीक्षा मे छड़ को ज्यो ज्यो ठंडा करते है त्यो त्यो सुई उलटी ओर घूमती है।

यह तो हम कह आये हैं कि गरमी देने से वस्तु की तोल मे फरक नही आता और गरमी कोई पदार्थ नही है। साथ ही

यह भी जानना चाहिये कि एक सी गरमी पहुचाने से सब ठोसो और द्रवो की बढ़ती एक सी नहीं होती—कोई पदार्थ कम बढ़ता है, कोई अधिक। परन्तु प्रत्येक पदार्थ के फैलने की दर निश्चित होती है, फैलाव नियमपूर्वक होता है। द्रव और गैस भी इसी तरह फैलते है।

प्रयोग २—यह देखने के लिए एक बोतल मे पानी लबालब भरकर एक ऐसा काग कसो जिसके बीच मे छेद हो और सूक्ष्म छेदवाली काच की नली लगी हो जिसके भीतर से पानी ऊपर को उठ सके (चित्र २)। एक गहरे बरतन मे पानी भर कर अगीठी पर चढ़ा दो और बोतल इसी पानी मे रख कर गरम करो। इस प्रकार गरम करनेसे बोतलका पानी गरम होगा, और फैलकर नलीमे चढेगा। इस परीक्षामे आप एक बात और विचार सकते है। जब बोतल गरमकी जायगी तो पहले कौन सी चीज गरम होगी? बोतल या उसमेका जल। प्रकट है कि बोतल ही पहले गरम होगी और बढेगी। इसलिए देखने मे पहले नली का पानी अपना जगह से नीचे को हटेगा पर जब पानी भी गरम होने लगेगा, तो अधिक ऊँचाई तक चढ जायगा।

चित्र २

इससे यह भी स्पष्ट है कि पानी काच से अधिक फैलता है और यदि यह दोनो बराबर फैलते तो पानी नली मे चढ़ता न दीखता।

प्रयोग ३—एक चूल्ह नली (U-tube) जिसके एक सिरे पर एक घुंडी (bulb) हो लीजिए। घुंडी को हाथ से

पकड़िए और नली के दूसरे सिरे को रंगीन पानी में डुबो दीजिए घुंडी पर से हाथ हटा लीजिए। पानी नली में चढ़ जायगा (चित्र ३ में क)। फिर यदि घुंडी को हाथ से पकड़ें तो रंगीन पानी खुली नली में ऊपर की ओर उठेगा। हाथ हटा लेने से फिर नीचे उतरने लगेगा। कारण यह है कि हाथ की गर्मी से घुंडी की हवा फैलती है और पानी को आगे ढकेलती है। बस यह सिद्ध हो गया कि गर्म करने से वायु भी फैलता है।

क

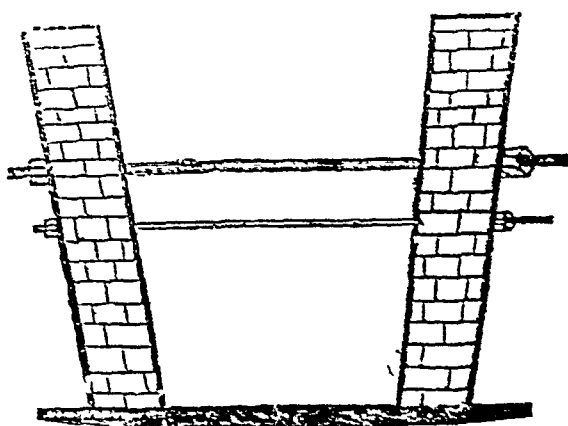
चित्र ३

इन तीनों प्रयोगों से यह बातें ज्ञात हुईं :—

गरमी पाकर सभी पदार्थ फैलते हैं, इनका आयतन बढ़ जाता है और ठंडक पाकर घट जाता है अथवा गरमी फैलाती और ठंडक सिकोड़ती है।

यन्त्रकार लोग कारण जानें वा न जानें परन्तु ऊपर कहे हुए नियम से बहुत से काम लेते हैं। आपने देखा होगा कि पहिये पर चढ़ाने के लिए नाप में उससे कुछ छोटी हाल बना कर कंडे की आँच में लाल करते हैं। इस दशा में उसका घेरा बढ़ कर पहिये के बराबर हो जाता है और झट ठोंक कर पहिये पर हाल चढ़ा दी जाती है*। अब उसे पानी डाल कर ठंडा करते हैं तो यह सिकुड़ कर पहिये को जकड़ लेती है।

उनके बीच मे चार पाँच सूत की जगह छूटी रहती है। क्या? इसलिए कि सिरे से सिरा मिला दिया जाता तो गरमी के दिनो मे जब दोनो सिरे बढ़ते, जगह न मिलने से दोनो पटरियाँ ऊपर को उठ जाती, तथा धनुष की नाई झुक जाती। इसी तरह लोहे के पुलो मे भी दो डंडो के बीच कुछ जगह रहती है।

यदि किसी बड़े मकान की दो भीते टेढ़ी पड़ जायँ और उनको तोड़ने का विचार न हो तो यन्त्रकार लोग (इनजिनियर) ऊपर कहे हुए नियम से काम निकालते हैं। दोनो भीतो मे आमने सामने छेद करते है, जिनमे बड़े बड़े लोहे के डडे डाल कर आँच से लाल करके बाहर दोनो ओर पेचो से कस देते हैं। अब इन पर पानी डाल कर ठंडा करते हैं। डडे सिकुड़ने लगते हैं। इस सिकुड़ाव के बल से दीवारें खिंच कर सीधी हो जाती हैं (चित्र) ४।

चित्र ४

किसी मास्टर ने एक बालक से पूछा. 'गरमी से वस्तु बढ़ती

हैं और शीत से सिकुड़ती है—इनका कोई उदाहरण दे सकते हो ?" उत्तर मिला "हा। गरमी मे दिन लंबे हो जाते है और सरदी मे छोटे।" हमे पूरी आशा है कि आप ऐसा उत्तर कदापि न देंगे, क्योंकि गरमी केवल पदार्थ या वस्तु को बढ़ाती है और दिन का बडा छोटा होना सूर्य के स्थान पर निर्भर है।

अभ्यास के लिये प्रश्न

१—चित्र २ में यदि, (१) और भी बारीक छेद की नली लगायें (२) और भी चौडे छेद की लगाएं तो क्या फल होगा ? और बडी बोतल लें तो क्या फल होगा ? कांच गरमी से न फैले, तो द्रव के फैलने पर क्या प्रभाव पडेगा ?

२—तापक्रम

ध मे जितनी ही शकर मिलाइये उतना ही मीठा होगा। कम मात्रा मे मिलाने से मिठास कम होगा। चखने वाला इतना ही कह सकता है कि अमुक दूध मीठा है और अमुक फीका है। मीठा, कम मीठा, वा फीका, से केवल मिठास की कमी या अधिकता का दरजा मालूम होता है, यह नही मालूम हो सकता कि किस दूध मे कितने तोले शकर मिलायी गयी है। जब हम कम गरम, ज्यादा गरम, आदि

कहते हैं तो केवल गरमी का दरजा बताते हैं। यह नहीं बताते कि इसमे गरमी की मात्रा कितनी है । इसी तरह जब आप कहे कि दूध बहुत गरम है तो हमे इतना ही मालूम होगा कि आप जिस दरजे की गरमी सह लेते है, दूध की गरमी उससे अधिक है।

बस जिस तरह मीठे की कमी बेशी से दूध के मिठास का दरजा घट बढ जाता है उसी तरह गरमी की कमी बेशी मे गरमी का दरजा घट बढ़ जाता है ।

इस तरह गरमी की नाप के लिए अगर हम यन्त्र बनाना चाहे तो दो तरह के यन्त्रो की जरूरत होगी। एक जिससे गरमी के दरजे जाने जायँ और दूसरा जिससे गरमी का ठीक परिमाण मालूम हो सके ।

यदि दो वस्तुए हमारे सामने हो तो साधारणत' हम यह कह सकते है कि उनमे से कौन दूसरी से अधिक गरम है। वस्तुओ को अपने शरीर से छूकर ही हम यह बता सकते है, परन्तु यदि कोई वस्तु ऐसी गरम हो जिसको हम शरीर से छू ही न सके तो शरीर से काम न निकलेगा। दूसरे, शरीर वस्तुओ की गरमाई को ठीक ठीक नियमित रीति से बतलाने मे असमर्थ है जैसा प्रयोग ४ से ज्ञात हो जायगा ।

प्रयोग ४—एक गिलास मे कुछ कुनकुना, दूसरे मे बहुत गरम, तीसरे मे बहुत ठडा पानी लेकर रखिए। ठडे पानी मे कुछ देर अँगुली रख कर कुनकुने मे डालिए तो गरम लगेगा और गरम पानी मे कुछ देर अँगुली रख कर कुनकुने मे डालिए तो वही पानी ठंडा लगेगा ।

अब बतलाइए जब आपके दो हाथ एक ही वस्तु की अव-

न्था को ठीक ठीक बताने मे असमर्थ है तो भिन्न भिन्न मनुष्य कैसे बता सकेंगे।

मनुष्यो के स्वभाव भी भिन्न भिन्न है और सबको अनुभव भी एक ही तरह का नही होता। जैसे अधिक शकर खाने वाले को दूध फीका लगेगा। उसी प्रकार भिन्न स्थानों मे रहने वाले मनुष्यो को एक ही समय एक ही स्थान की गरमी एक सरीखी न लगेगी।

मान लीजिए आपके तीन मित्र है। ये तीनो एक ऐसे नगर मे है जहाँ न बहुत गरमी है, न बहुत सरदी। इनमे से एक हिमालय प्रदेशका है जिसको सदा हिम मे ही रहने का अवसर मिला है। दूसरा आगरे का रहने वाला है जहाँ साल मे सात महीने पखे के तले बिताते है और तीसरा उसी नगर का रहने वाला है। आपके वैद्य ने आपसे कहा है कि उस नगर मे गरमी अधिक न हो तो तुम कुछ दिनो के लिए जलवायु परिवर्तनार्थ वहाँ चले जाओ। आपने अपने तीनो मित्रो से वहाँ की जलवायु के विषय मे पत्र व्यवहार किया। पर्वतीय महाशय लिखेगे, "गरमी अधिक है—हमारे लिए यहाँ रहना सम्भव नही।" आपके आगरे वाले मित्र लिखेगे, "यहा खूब ठंड है इत्यादि।" और उसी नगर के निवासी मित्र लिखेंगे "न गरम है न ठंडा है, जलवायु सुन्दर है, आप अवश्य आवे।" कहिए आप क्या करेंगे? किस मित्र की बात सत्य मानेंगे? यदि आपको जानना है कि उस नगर का मौसम कैसा है और आपके स्वभाव के अनुकूल होगा या नही, तो आपको अपने सदा के स्थान पर और अपनी सहन-शक्ति पर भी विचार करना होगा और बिना आप ही गये किसी मित्र के लिखने से कुछ मालूम न हो सकेगा। यदि आप

जाने के पहले जानना चाहे तो ऐसे यंत्र का सहारा लेना पडेगा जो उस नगर के मित्रों के पास भी हो और आपके पास भी हो। इसलिए गरमाई की कक्षा को नापने के लिए यन्त्र की आवश्यकता होती है।

दो वस्तुओ को देख कर यही कह सकते है कि कौन बड़ी और कौन छोटी है पर लम्बाई कितनी है यह नही बता सकते। इस प्रकार दो वस्तुओ को छूकर यही कह सकते हैं कि कौन हमारे शरीर से अधिक गरम है। जिन चीजो को हम अपने शरीर से कम गरम पाते हैं, ठण्डी कहते हैं। इस तरह स्पष्ट हुआ कि साधारणत हम अपने शरीर से तुलना करते हैं। जिसे हम 'गरम' कहते हैं वह हमारे शरीर से प्रायः अधिक गरम होती है। और जिसे ठण्ड कहते है हमारे शरीर से प्राय कम गरम होती है। इस तरह "शीतोष्ण" "गरम ठडा" जो द्वन्द्व माना जाता है वस्तुत. गरमी के ही दो रूप हैं।

परन्तु यह स्पष्ट है कि प्रत्येक वस्तु की गरमाई की जॉच के लिए हम शरीर को काम मे नही ला सकते। कभी कभी तो शरीर से वस्तु का छूना असम्भव होगा। दूसरे धोखा भी हो सकता है जैसा कि इस प्रयोग से ज्ञात होता है। तीन गिलास लीजिए एक मे बरफ डाल कर ठडा किया हुआ पानी, दूसरे मे कुनकुन पानी और तीसरे मे सहता हुआ गरम पानी रखिए। अब दाये हाथ की अंगुली गरम पानी वाले गिलास मे और बांये हाथ की अंगुली बरफ से ठण्डे किये हुए पानी वाले गिलास मे कुछ देर रख कर दोनो हाथो की अगुलियो को एक साथ कुनकुन पानी वाले गिलास मे डाल दीजिए। दांये हाथ की अंगुली को

यह पानी ठण्डा और बांये हाथ वाली अंगुली को गरम लगेगा। ऐसे ही कारणो से यह विदित होता है कि एक यन्त्र की आवश्यकता है और इस यन्त्र मे कोई माप भी अवश्य ही होना चाहिए क्योंकि वस्तुओं की गरमाई भिन्न भिन्न होगी। ऐसे यत्रको कि जिस पर गरमाई के दर्जे नापने के लिए कोई माप लगी हो ताप-मापक कहते है और जो गरमाई के दर्जे इस ताप-मापक की मनमानी माप के अनुसार वतलाये जाते है इनको तापक्रम कहते है इसलिए तापक्रम का व्याख्या इस प्रकार कर सकते हैं :—

ताप-क्रम वह संख्या है कि जो गरमाई के दर्जे नापने वाली किसी माप पर मिलती है। यहाँ यह भी बतला देना उचित है कि यदि भिन्न भिन्न तापक्रमो वाली दो वस्तुएँ एक दूसरे के पास रख दी जावें तो ऊंचे तापक्रम वाली वस्तु का तापक्रम घट जावेगा और नीचे तापक्रम वाली वस्तु का ताप-क्रम बढ़ जावेगा। और दोनो एक ही तापक्रम पर आ जावेंगी। दूसरे, गरमाई से ही यह पता नही चल सकता कि किसी वस्तु मे कितनी गरमी है।

लम्बाई नापने के लिए गज़, मीटर अथवा और किसी लम्बाई की इकाई की आवश्यकता होती है। बिना इकाई के लम्बाई का बोध नही हो सकता। जब हम कहते हैं कि किसी चीज की लम्बाई ३ मीटर है तो यह अर्थ होता है कि इस वस्तु की लम्बाई एक मीटर से तिगुनी है। ऐसे ही तापक्रम नापने के लिए तापक्रम की इकाई की आवश्यकता होती है, बिना इकाई के तापक्रम का बोध नहीं हो सकता है।

अभ्यास के लिए प्रश्न

१—तापक्रम किसे कहते हैं।

२—मनुष्य शरीर से तापक्रम नप सकता है या नहीं ?

४—तापमापक

प देख चुके हैं कि गरमी से वस्तुओं के विस्तार मे परिवर्तन होता है। यह भी आपने देख लिया है कि ठोस पदार्थ को फैलाने के लिए देर तक गरमी पहुंचानी पड़ती है। द्रव जल्दी फैलता है। वायु के लिए तो गरमी थोड़ी ही बहुत है। अब यह बतलाएंगे कि पदार्थों के फैलाव की सहायता से तापक्रम नापने का यन्त्र कैसे बनाया जाता है।

इस यन्त्र के बनाने मे हमको दो बातो पर विशेष ध्यान देना पड़ेगा।

१—यन्त्र मे बढ़ने वाला पदार्थ ऐसा होना चाहिये जो बहुत गरमी देने पर भी उबल कर भाप न हो जाय और साधारण सरदी मे झट जम भी न जाय। यदि यन्त्र मे कोई ऐसी वस्तु लगाएँ जो थोडी गरमी से पिघल जाय या उड़ कर भाप हो जाय तो हमारा यन्त्र थोड़ी ही कक्षा की गरमाई को नाप सकेगा। ठोस पदार्थ ले तो इसका फैलाव इतना सूक्ष्म होगा कि नापना कठिन होगा। पानी लें तो थोड़ी ही आँच मे खौल कर भाप हो जायगा।

२—हमारी नाप ऐसी सरल और सुलभ हो कि सार्वदेशिक हो सके। नाप सार्वदेशिक न होगी तो केवल आप ही काम में ला सकेंगे, सब लोग न समझेंगे।

वास्तव मे नाप का सार्वदेशिक होना अत्यन्त आवश्यक है। यदि ऐसा न हो तो संसार का काम न चले। थोड़ी देर के लिए मान लीजिये कि आपने लम्बाई की नाप इंच फुट आदि न मानी और अपनी छतरी से नाप कर अपने कमरे की लम्बाई दस छतरी पायी। आप उस कमरे मे बिछाने को दरी मंगाना चाहते हैं। आपने मित्रों को लिखा, "मेरी छतरी से १० गुनी लम्बी एक दरी भेज दीजिये"। बतलाइये, इसे वह क्या समझेंगे। आपको अपनी छतरी ही भेजनी पड़ेगी जिसे लेकर आपके मित्र दरी वाले की दूकान पर जांयगे और सब दरियो को नापेंगे; तब कही बड़ी कठिनता से आपको दस छतरी लंबी दरी मिलेगी। बात क्या हुई? एक नियमित सार्वदेशिक नाप के न होने से इतने मनुष्यो को कष्ट उठाना पड़ा और छतरी को यात्रा करनी पड़ी। इस कष्ट से बचने के लिए बुद्धिमानो ने लम्बाई की सार्वदेशिक नाप बनायी है, जिसे सब लोग जानते है।

इसी प्रकार तापक्रम नापने के लिए उचित तापमापक बनाये गये है। पारातापमापक बहुत सरल है और बहुत काम मे आता है। कारण, अन्य द्रवो से पारा इस काम के लिए उत्तम है। कभी कभी शराब भी काम मे आती है। पारे मे यह श्रेष्ठ गुण है:—

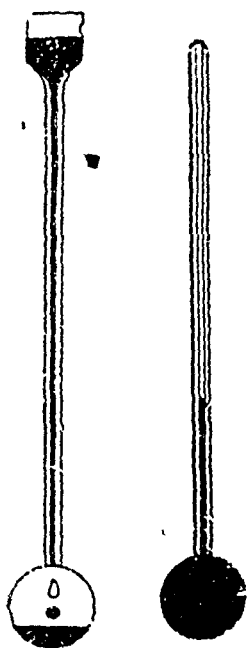
१—पारा काफी नीचे तापक्रम से लेकर काफी ऊंचे तापक्रम तक द्रव रहता है। यह -४०° श के करीब जम कर ठोस होता है और ३५८° श के ऊपर भाप बन कर उड़ने लगता है।

२—यह आसानी से शुद्ध अवस्था में पाया जा सकता है।

३—इसका प्रसार करीब करीब एकसा और विधिवत् होता है।

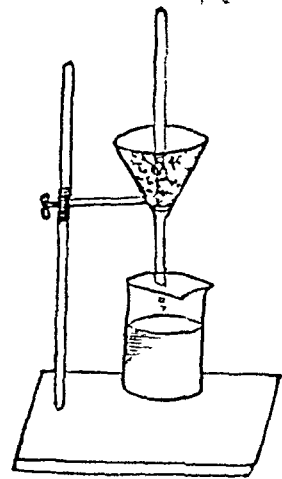
४—इसका आपेक्षिक ताप बहुत कम और इसकी वाहकता बहुत ज्यादा है जिसके कारण इससे बने हुये तापमापक जल्द दूसरे वस्तु के तापक्रम पर पहुच जाते है। और तापमापक के होने के कारण भी वस्तु के तापक्रम मे भेद नही पड़ता।

चित्र ५

तापमापक बनाने की विधि इस प्रकार है:—पारा को कांच की नली मे भरते है, क्योकि काँच में बाहर से ही घट बढ़ देखने का सुभीता है। नली के एक सिरे पर घुंडी और दूसरे पर कीप बनी होती है। नली का छेद बालसा बारीक होता है और कीप से लेकर घुंडी तक सरासर ठीक ठीक एक ही व्यास का होता है। घुंडी पतली भीत की होती है परन्तु नली की दीवार मोटी होती है, इसलिये कि नली पर गरमी का असर बहुत देर मे हो किन्तु घुंडी पर अत्यंत शीघ्र हो। नली के एकाकार होने से पारे का फैलाव नली मे सब जगह बराबर होता है। (चित्र ५)

प्रयोग ५—पारा भरने की रीतियह है। इस नली की घुंडी को गरम करते है। गरमी से भीतर की वायु फैल कर बाहर निकलती है। उसी समय थोड़ा पारा कीप की राह भर देते हैं।

ठंडकसे ज्यो ज्यों वायु भीतर को सिकुड़ती है त्यों त्यो पारा नली से घुंडी मे उतरता है। ज्यों ही उतरना रुकता है फिर पहले की तरह गरम करते हैं और पारे को उतारते है। इस तरह घुंडी और नली पारेसे भर जाती है। फिर इसे देर तक उबालते है जिससे नलीमे वायु ज़रा भी न रहे, केवल पारा और पारेकी भाप रह जाय। इस तरह शुद्ध करके कीप के पास नली को आंच मे गलाकर बन्द कर देते है।

यंत्र तो वन गया परन्तु नापका निश्चय नहीं हुआ। साधारण पदार्थोंमें सबसे अधिक आवश्यक और उपयागी पदार्थ जिससे अनेक तरह की नाप जोख बनाया करते है पानी है। इस लिए इसे ही तापक्रम की नाप के लिए प्रमाण मानना उचित ठहरा। इसमे एक गुण यह भी है कि आसानीसे जमाकर ठोस और उबाल कर गैस किया जा सकता है।

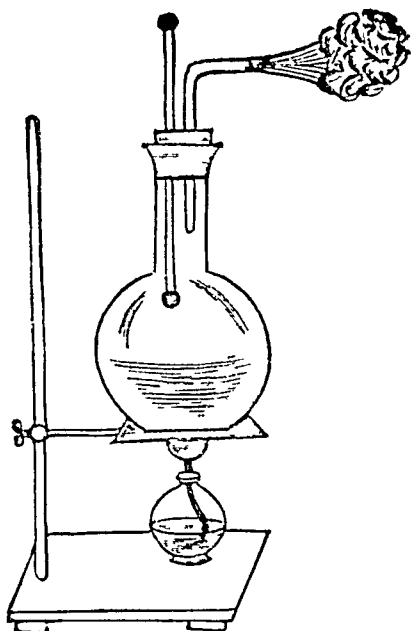
प्रयोग ६—ऊपर कही हुई नलीको बन्द करके उसकी घुंडीको बरफके छोटे छोटे टुकड़ोंमें डुबोते है। यह क्रिया कांच की कीपमे की जाती है (चित्र ६) जिसमे गलते हुए बरफका पानी नीचे गिरता जाय। नली की घुंडी कुछ देर तक इसी तरह डूबी रक्खी जाती है। आप जानते हैं कि ठंड से सिकुड़ना आवश्यक है। इसीलिए पारा नलीमें उतरता है और गिरते गिरते एक जगह ठहर जाता है। ठीक इसी जगह नलीमें रेतीसे एक चिह्नकर देते हैं।

चित्र ६

जब कभी और कहीं भी यह नली बरफमे रक्खी जायगी पारा इसी चिह्न पर आकर ठहरेगा। ज्ञात हुआ कि यह नली पर एक नियत स्थान है। इस स्थान को हिमाङ्क कहते हैं।

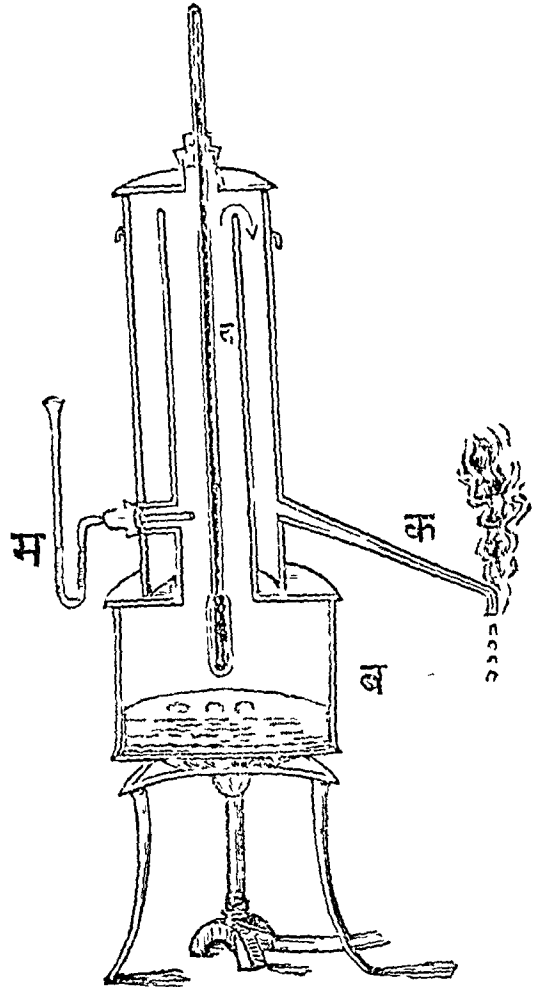
इसके पीछे नलीको पानीकी भापमे गरम करते हैं। पारा गरम होकर नलीमे चढ़ने लगता है और एक जगह पहुंच कर ठहर जाता है। यहां भी एक चिह्न बना देते हैं।

प्रयोग ७—नलीको पानीकी भापमे गरम करनेके लिये चित्र ७ मे दिया हुआ सीधा साधा यन्त्र भी काममे ला सकते है। वास्तवमे तो उत्सेध मापक (hypsometer) इस्तेमाल किया जाता है। यह चित्र ८ मे दिखलाया गया है। यह बहुधा तांबेका बना होता है। एक बरतन 'ब' पर दो नलियां, एक छोटी और दूसरी बड़ी लगी रहती हैं। छोटी नली बरतन मे खुलती है बड़ी नलीके एक ओर छेद होता है और यह नली इस प्रकार लगाई जाती है कि छेद छोटी टीनके ऊपर आता है और दूसरी ओर

चित्र ७

बरतन के ढकनेपर जुड़ जाती है। इसके अगल बगल दो

छेद होते हैं। एकमे दबाव मापक (manometer) लगाया जाता है। दूसरेमेसे भाप निकलती है। भाप उत्सेधमापकमें किस प्रकार चक्कर लगाती है यह चित्रमे तीरो द्वारा दिखलाया गया है। याद रखना चाहिये कि तापमापक भापमें रखा जाता है, पानीमे नही। कारण यह है कि पानीमे यदि कुछ मिला हो तो पानीका तापक्रम १००° से कुछ अधिक होता है लेकिन भाप का १००°।

चित्र ८

यह ध्यान रखना चाहिये कि इस चिह्नका स्थान वायुमण्डल के दबाव पर निर्भर है❀ इसलिए प्रयोग करते समय वायु भारमापक यंत्रद्वारा वायु-मण्डल का दबाव नाप लेना चाहिए कभी और कहीं

❀ वायुमण्डल का दबाव स्थान स्थान और समय समय पर बदलता रहता है। सब तापमापकों मे एक ही कथनाङ्क होने के लिए आवश्यक

भी वायुमण्डल का इतना ही दबाव होगा तो पानी की भाप में इस नली को रखने से पारा इसी स्थान पर आकर ठहरेगा। हिमाङ्क की तरह यह भी एक नियत स्थान है और उसको क्वथनाङ्क कहते हैं।

इसी तरह मिट्टी का तेल, अलकोहल, टूलीन आदि भी रंग देकर पारे की जगह भर सकते हैं। इनका भी बहुत सुन्दर तापमापक बनता है परन्तु यह थोडे ही तापक्रम को बता सकते हैं, कारण यह है कि यह थोडी ही गरमी में उबलने लगते हैं। पानी के क्वथनांक की गरमी तक मिट्टी के तेल का तापमापक अच्छा काम देता है।

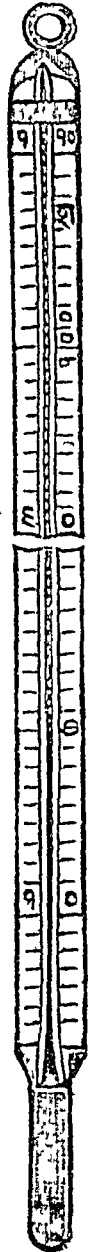
इस तरह ऐसा यंत्र बना जिससे उबलते जल या गलते बरफ की ही गरमी सरदी जान सकते हैं या यों कहिए कि आप पारेको इन दोनोंमे से एक जगह देखकर कह सकते हैं कि आज बरफ वाली ठंडक है या पानी उबालने वाली गरमी। पर हमारा काम इतने से ही नहीं चल सकता क्योंकि सदा और सब जगह इतनी ठंडक या गरमी नहीं पड़ती। साधारणतः बरफवाली ठंडकसे अधिक गरमी और पानी उबालने वाली गरमीसे कम गरमी रहा करती है, इसलिए तापमापक में पारा उन दोनो चिह्नोके बीचमे ठहरा मिलेगा। पारे का स्थान ठीक ठीक नियत करने के लिए इन दोनो चिन्होके बीचमे और चिन्हो की आवश्यकता होती हैं इसलिए इन दोनो चिन्हो के बीच छोटे छोटे विभाग कर देते है (चित्र ६)।

होगा कि क्वथनाङ्क निकालते समय वायुमण्डल का दबाव एक ही ओरा प्रमाणित हो वैज्ञानिकों ने ४५° श पर ७६० सहस्रांशमीटर पारे क सुमुद्रतल पर दबाव प्रमाण माना है।

हिमाङ्कको ० और प्रामाणिक दवाव वाले क्थनाङ्क को १०० मान कर बीच की दूरी को १०० विभागों में बांट देते है। प्रत्येक भाग को अंश (degree) कहते है। अंशो को गिनने मे सुभीता हो इसलिए शून्य से लेकर दसवें, बीसवें इत्यादि अंशो पर ०, १०, २० इत्यादि संख्या डाल देते हैं। (चित्र ६)

विभाग करने की तीन प्रथा है। पहली सेन्टीग्रेड वा शतांश है जिसके अनुसार (Centigrade) ऐसे विभागो वाले यंत्र को सेन्टीग्रेड वा शतांश तापमापक कहते है। यह पद्धति सबसे अच्छी समझी जाती है और बहुधा यह वैज्ञानिक कार्यों मे काम मे आती है।

क्थनाङ्क से ऊपर और हिमाङ्क के नीचे नलीको अंशो मे बॉट देते हैं। यदि किसी दशा मे हिमाङ्कमे पारा और नीचे उतरे तो वहां गरमीका दरजा घटानेके चिन्हसे (ऋणके चिन्ह से) बतलाया जाता है, जैसे—२ से तात्पर्य है कि गरमी पानी जमने के दरजे से दो दरजा या अंश कम है। क्थनाङ्क के ऊपरके अंशोको १०१, १०२ इत्यादि गिनते है।

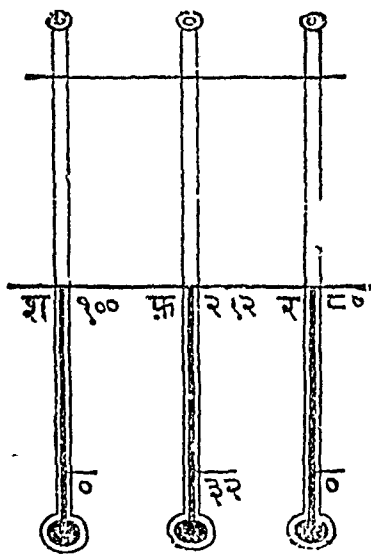
मान लीजिए कि पारा ६० वाले चिन्ह तक चढ़ा हुआ है तो आप कहेगे कि गरम ६० अंश या ६० दरजे शतांश की है परन्तु लिखने मे "६०° श' लिखेगे, अंग्रेजीमे 60°C लिखते हैं।

चित्र ६

क्योंकि अंक के दहने सिरे पर नन्हासा शून्य लिखनेसे डिग्री अंश वा दरजे का बोध होता है, और C अक्षर Centigrade शब्द का पहला अक्षर है जैसे 'श' शतांशका, शतांश तापमापक को ही सदा से वैज्ञानिक पसन्द करते आये है, यह सरल है और दिनो दिन इसका प्रचार बढ रहा है। इस पुस्तक मे जहा कही काम पड़ेग हम भी शतांशकी ही मापसे काम लेंगे।

दूसरी प्रथाके अनुसार क्वथनाङ्क को २१२ माना है और हिमांकको ३२। इस तरह बीचकी जगह्के १८० बराबर हिस्से किये। [२१२—३२=१८०]। यह रीति फारनहैटने चलायी, इससे ऐसे विभाजित यन्त्रका नाम फारनहैट थर्मामीटर वा तापमापक हुआ। इसमे हिमांक ३२° से नीचे० तक ऋणचिन्हकी आवश्यकता नही पड़ती। परन्तु ० से नीचे दरजे के तापक्रमो मे ऋण चिन्ह लगता है। यदि साठ अंश लिखना हो तो '६०° फ' लिखेंगे जिसमे 'फ' से फारनहैट की सूचना मिलती है। इसे डाक्टर और अंगरेजी कारबारी तथा कर्मचारी अधिक काममे लाते है।

तीसरी प्रथा रोमर की है जिसमे दो चिन्हो के बीच की जगह ८० बराबर भागो मे बांटी जाती है। लिखनेमे नियम वही है, परन्तु 'श' या 'फ' की जगह 'र' लिखते हैं। यह रूसमे प्रचलित है। इसमे ऊपर के चिन्हपर ८० और नीचे के चिन्ह पर ० रहता है।

अब इन तीनों रीतियोमे यह बात समझनेकी और रह गयी जिसे गणित जानने वाला आप निकाल सकता है—इन प्रथाओमे संबन्ध।

चित्रमें देखनेसे ज्ञात होगा कि तीन नलियोंमे तीन प्रकार के विभाग दिखलाए गये हैं। यह तो प्रत्यक्ष है कि कथनाङ्क और हिमाङ्कके बीच तीनो नलियोमे जगह बराबर है। प्रश्न है केवल विभागोका, सो दो चिन्होंके बीच-की जगहके शतांशमें १०० विभाग है, फ़ारनहैटमे १८० विभाग है और रोमरमे ८० विभाग है। तात्पर्य यह कि सेन्टीग्रेड वा शतांशके १०० विभाग बराबर है फारनहैटके १८० विभागोंके, इसलिये फ़ारन हैटका एक बिभाग शतांशके $\frac{५}{९}$ विभागके बराबर हुआ

चित्र १०

और शतांशका एक बिभाग फ़ारनहैटके $\frac{९}{५}$ विभागोके बराबर हुआ। जब यह सम्बन्ध जान लिया तो एक प्रथाके विभागोको दूसरी प्रथामे बदलना सहज हो गया।

उदाहरण—जब शतांशमे २०° पर पारा है तो फ़ारनहैटमें कहां होगा ? आप जानते है कि शतांशका एक विभाग फारनहैटके $\frac{९}{५}$ विभागों के बराबर होता है इसलिए शतांशके २० विभाग फारनहैट के $२० \times \frac{९}{५} = ३६$ विभागोंके बराबर हुए। ध्यान रहे कि यह सम्बन्ध केवल विभागोंका है। फ़ारनहैटमें विभागोंकी गिनती ३२ से आगेसे

होती है। जब हम कहे कि तापक्रम ३३° फ है तो मतलब यह हुआ कि गरमी गलती हुई बरफ के दरजेसे केवल एक दरजा और बढी। ३३° पर पारा एक विभाग आगे बढता है, ३४ पर दो और ४० पर आठ इत्यादि। इसलिए जब पारा बरफ़के दरजेसे ३६ विभाग चढा तो यह फारनहैटमें ३२ + ३६ = ६८ के चिह्नपर होगा। इसीका उलटा चलनेसे फारनहैटसे शतांशका दरजा जाना जा सकता है।

उदाहरण—कोई पूछे कि फारनहैटमे ६८ की गरमी है तो शतांशमे क्या होगी। आपको मालूम है कि ६८ − ३२ = ३६ विभाग ऊपर पारा चढा। अब १ विभाग फारनहैट बराबर है $\frac{५}{९}$ शतांशके। इसलिए ३६ विभाग बराबर हुए ३६ × $\frac{५}{९}$ अथवा २० शतांशके।

इसी प्रकार रोमरमे भी परिवर्तन हो सकता है। इस विषयमे सहज ही यह नियम बना सकते हैं:-

शतांशसे फ़ारनहैटमे बदलनेके लिए $\frac{९}{५}$ से गुणा करो और फिर ३२ जोड़ दो।

फारनहैटसे शतांशमे परिवर्तन करना हो तो पहले फारनहैट अंशसे ३२ घटा दो, जो बचे उसे $\frac{५}{९}$ से गुणा करो तो शतांशका अंश डिगरी निकलेगा।

यह सिद्ध कर सकते है कि—४०° फ = —४०°श, तात्पर्य यह कि उस तापक्रम पर शतांश और फारनहैट दोनों तापमापकोंमे अंशोंकी संख्या—४० है। यह बात केवल विलक्षण होनेके कारण कही जाती

नहीं तो इतनी ठंढकका विचार भी होना कठिन है। इसको सिद्ध यों करते हैं।

मान लीजिए, क°श = क°फ

$$\text{अब} \quad \text{क}^\circ\text{श} = \left(\text{क} \times \frac{९}{५} + ३२\right)^\circ\text{फ}$$

$$= \text{क}^\circ\text{फ}$$

$$\text{तो, क} = \frac{९}{५}\text{क} + ३२$$

अर्थात्, ५ क = ९क + १६०

" —४ क = १६०

∴ क = —४०

पारा तापमापकका संशोधन

ऊपर के क़ायदेसे बने हुये तापमापकमे अक्सर त्रुटियां पाई जाती हैं। वैज्ञानिक कामके लिये इनको दूर करना उचित है, अक्सर तो और उपयोगी तापमापक काममे लाये जाते है परन्तु यदि हमे पारे ही का बना हुआ तापमापक काममे लाना हो तो इन त्रुटियो को दूर करना चाहिये।

हिमांक संशोधन—(Zero correction)

किसी मामूली तापमापकको हम पिघलते हुये बरफमें डुबोयें तो कुछ समय पड़ा रहनेके बाद उसका पारा ०°के ऊपर आकर रुक जाता है। यदि एक घण्टे तक तापमापकको बर्फ मे रखें और तब हिमाङ्क निकालें तो ऐसा ही होगा, परन्तु यदि

डेढ़ घण्टे तक तापमापक को १००° पर रखें और तब हिमाङ्क निकालें तो पारा ०° के नीचे रहेगा। कारण यह है कि कांचमें गर्म या ठंडा करनेसे जो परिवर्तन होता है वह बहुत धीरे धीरे दूर होता है, कभी कभी असली हालत लौटने मे वर्ष ही लग जाते है। बरफमे रखनेसे काच सिकुड़ गया और इसी सिकुड़नके कारण पारा हिमाङ्क ०° के ऊपर ठहरा। भापमे रखने पर कांच इतना फैल गया कि पारा हिमाङ्क ०° के नीचे ठहरा। प्रयोगो से यह मालूम हुआ है कि जब कभी भाप मे गरम करने के बाद हिमाक निकाला जाता है तो इसकी जगह बहुधा वही मिलती है अर्थात् यह जगह स्थिर है, कारण कि आजकल के तापमापक मे पहिले क्थनाङ्क निकालते है और तब हिमाङ्क। संशोधन की विधि तो बहुत सरल है। हर तापक्रम नापने के बाद हिमाङ्क निकाल लीजिये। यदि पारा ०° के ऊपर ठहरे तो उसकी जगह पढ़लीजिये। यही हिमाङ्क की त्रुटि हुई। इसको घटा दीजिये और यदि हिमांक निकालने पर पारा ०° के नीचे हो तो जोड़ दीजिये यदि तापमापक कांच के बदले गलाये हुए बिल्लौर का बनाया जाय तो हिमांक त्रुटि करीब करीब बिलकुल नही होती है।

खुली डंडी संशोधन—(Exposed stem correction)

जब हम किसी वस्तुका तापक्रम लेते है तो तापमापककी डडी के साथ पारेका कुछ भाग भी उस वस्तुके बाहर रहता है और उसका तापक्रम वस्तु के तापक्रम से कम रहता है इस कारण जो संशोधन करना चाहिये, उसको खुली डण्डी संशोधन कहते है।

इस संशोधनके करने की तरकीब सहल है। यदि $त_1$ तक पारा पहुंचता है और जब कि $त_2$ अंश उस वस्तु के बाहर है तो

असल तापक्रम $त = त_1 \times फ (त_2 - त_3)$

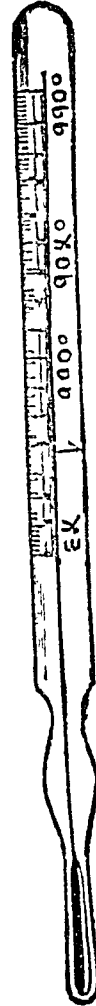
जहाँ $त_3$ = वस्तुके बाहरके पारेका तापक्रम

फ = कांच मे रखे हुए पारे का प्रत्यक्ष प्रसार

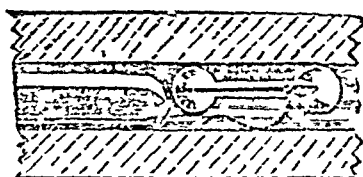
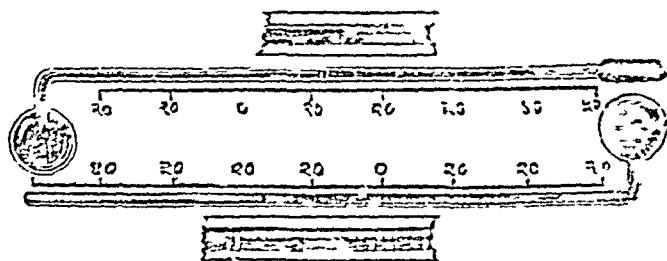
इस समीकरण के निकालने का क़ायदा आगे बताया जावेगा।

इन त्रुटियोके अतिरिक्त और भी त्रुटियां है जिनके लिए सशोधन आवश्यक है जैसे तापमापक की घुंडीके आयतनमे बाहरी और भीतरी दबावके भेदके कारण परिवर्तन।

ज्वर देखनेका तापमापक जो डाक्टर रखते है फारनहैट वाला होता है। इसमे घुंडीके पास नलीमे एक जगह इस प्रकार दबाकर परिवर्तन किया हुआ रहता है कि रोगीके शरीरमे लगानेके बाद जब निकाल लेते है, तब घुंडीवाले पारेक सम्बन्ध पूरी रेखासे टूट जाता है। इस तरह पारेकी रेखा जहांतक बढ़ी थी, पारा जहांतक चढ़ा था, वही बना रहता है। ऐसा न होता तो बगलसे हटाते ही पारा अपनी जगह छोड़ सकुडकर नीचे उतर जाता और डाक्टर शरीरका तापक्रम न जान सकता। हमारे शरीरका स्वाभाविक तापक्रम ९८·४° फ होता है। ९९° से बढ़े तो ज्वर होता है और १०५° फ से बढ़े तो जानकी जोखिम है। ११०° हो या

९८·४°

चित्र ११

९५° हो तो जीवन की आशा न करनी चाहिये, इसलिए इस यंत्रमे ९५° से ११०° तकका ही तापक्रम नापनेके लिए निशान बने होते हैं। इस यंत्रसे और कोई काम नहीं ले सकते।

दिन रात में अधिक से अधिक और कम से कम क्या तापक्रम हुआ यदि यह जानने की इच्छा हो तो साधारण तापमापकों से काम न चलेगा क्योंकि तापमापकको बराबर देखते रहना बड़ा कष्टप्रद होगा। इस लिए ऐसे तापमापक बनाये गए हैं जिनसे दिन रात का अधिक से अधिक और

चित्र १२

कम से कम तापक्रम तुरन्त मालूम हो जाता है। इनमे से एकका वर्णन यहां किया जाता है। एक लकड़ी की चौखूटी तख्तीपर दो तापमापक जड़े रहते हैं जिनकी नली सीधी नहीं होती पर घुंडी के ऊपर से मुड़ी रहती है जैसा चित्र १२ में दिखलाया गया है। यह तख्ती इस प्रकार टांगी जाती है कि

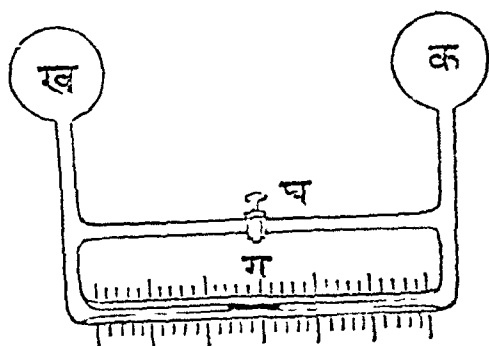
तापमापकों की नली धरातल के समानान्तर रहे। इन तापमापकों में से एक, नीचेवाला, अधिक से अधिक तापक्रम बतलाता है। उसमें पारा भरा रहता है और पारे के ऊपर नली में एक लोहेका छोटा सा चट्टुवा पड़ा रहता है। यही चट्टुवा अधिक से अधिक तापक्रम दर्शाता है। यह इस प्रकार कि जब तापक्रम-के बढ़ने से नली में पारा चढ़ता है तो उस चट्टुवे को आगे ठेल ले जाता है। जब तापक्रम घटता है पारा सिकुड़ कर नीचे उतर जाता है पर चट्टुवे को छोड़ जाता है, बस चट्टुवे के स्थान को देखकर अधिक से अधिक तापक्रम जान लेते हैं। नियत समय पर तापक्रम पढ़ने के बाद चट्टुवे को चुम्बक से खींच कर पारे तक फिर ले आते हैं।

ऊपर वाला तापमापक कमसे कम तापक्रम बतलाता है। उसमें अलकोहाल भरा रहता है। अलकोहाल के भीतर एक शीशे का चट्टुवा पड़ा रहता है। तापक्रम घटने से अलकोहाल सिकुड़ता है। चट्टुवे को अपने साथ लेता जाता है और नीचे से नीचे स्थान पर पहुंच कर तापक्रम के बढ़ने पर चट्टुवे को पीछे छोड़ जाता है। चट्टुवे के स्थान को देखकर कमसे कम तापक्रम जान लेते हैं।

लेसली का भेद-दर्शक वायु तापमापक

कुछ समय पहिले यह तापमापक दो वस्तुओंके तापक्रमका भेद निकालनेके लिये बहुत काममें आता था। खास तौर से विकीर्ण संबंधी मापों में। क, ख (चित्र १३) दो कुमकुमे हैं जो एक नली से जुड़े हुये हैं। नली के बीच में एक रंगीन द्रव की बूंद है जैसा हम पहिले देख चुके हैं। यदि हम 'क' को गरम करें

तो बूंद बायें तरफ हट जाती है क्योंकि 'क' के अन्दर की हवा फैलती है, 'ग' बूंद का हटाव एक माप पर देख लिया जाता है

चित्र १२

इस से यदि दोनों कुमकुमोंके तापक्रमोंमे थोड़ा सा भेद भी हो तो जाना जा सकता है।

अभ्यास के लिए प्रश्न

१—प्रयागमें गरमीके दिनोंमे कभी कभी छाहमे ११३° फ. गरमी होती है। शतांश बनाइये।

२—५०° शतांश की गरमी फारनहैट तापमापक में कितने अंश दीखेगी?

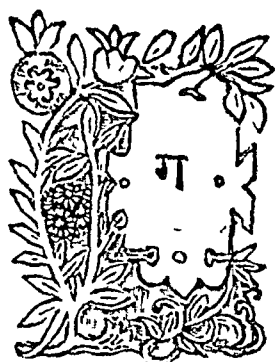
३—हमने देखा कि हमारे शरीर की गरमी रोमर के तापमापक में २९.६° है। फारनहैट और शतांश में क्या होगी?

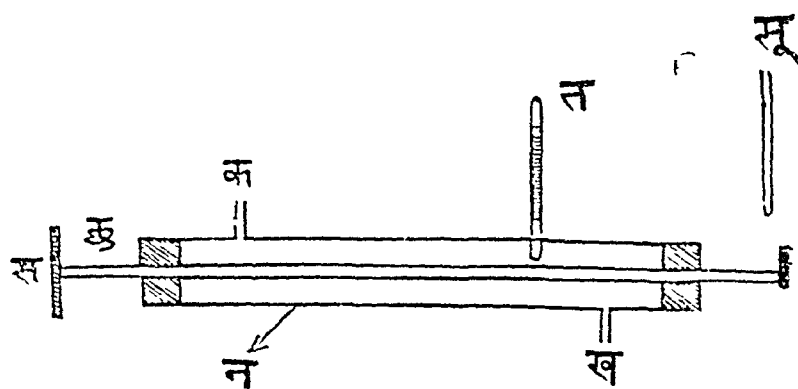
४—दिन रात मे अधिक से अधिक और कम से कम तापक्रम कैसे देखते हैं?

५—डाक्टरों के पास कैसा तापमापक रहता है?

————

५—ठोसों का प्रसार

लम्ब प्रसार गुणक

रमी पाकर ठोस पदार्थ फैलते है अथवा यो कहना चाहिये कि गरमी से ठोसो की लम्बाई, चौड़ाई और मोटाई बढ़ जाती है। नीचे एक प्रयोग दिया जाता है जिससे जितनी लम्बाई बढ़ती है ठीक ठीक नाप सकते हैं।

प्रयोग ८—किसी धातु की छड़ छ लेकर (चित्र १४) एक नली मे बन्द कर देते हैं। नली न के सिरे काग से बन्द रहते हैं, छड़

चित्र १४

छ कागो को छेदती इधर उधर निकली रहती है। क और ख दो नलियां न से जुड़ी रहती हैं। क द्वारा न के भीतर भाप भेजी जाती है, जो ख मे होकर निकलती रहती है। इस भाप मे

छड़ छ गरम हो जाती है। प्रयोगके आरम्भ मे छ की लम्बाई और तापक्रम देख लेते हैं। छ का सिरा स पेंच से कस देते है जिससे छड़ उस ओर न हट सके। दूसरे सिरेके पास एक चिह्न बनाकर चिह्न पर सूक्ष्म दर्शक यन्त्र सू इस प्रकार ठहराते हैं सूक्ष्म दर्शक यन्त्र द्वारा यह चिह्न दीखने लगे। क नली से भाप भेजते हैं तो छड़ गरम होकर बढ़ती है । चिह्न सूक्ष्म-दर्शक यन्त्र के सामने से हट जाता है। अब सूक्ष्म-दर्शक को हटा-कर चिह्न पर फिर ले आते है। सूक्ष्मदर्शक के साथ ऐसा प्रबन्ध रहता है जिससे उसका हटाव नापा जा सकता है। यही हटाव छ की लम्बाई मे अधिकता अथवा प्रसार है। उसी समय त तापमापक की सहायता से छ का तापक्रम देख लेते हैं।

मान लो।

गरम करने से पहले छ की लम्बाई ल शतांश मीटर है,

" " छ का तापक्रम त°श है,

गरम करनेसे छ की लम्बाईमे अधिकता अ शतांशमीटर हुई,

" छ का तापक्रम थ°श हुआ।

अब ल शतांशमीटर लम्बाई मे (थ–त)°श तापक्रम बढ़ने से लम्बाई मे प्रसार अ हुआ।

∴ १ शतांशमीटर लम्बाई मे (थ–त)°श तापक्रम बढ़ने से लम्बाई मे प्रसार हुआ $\frac{अ}{ल}$।

और एक शतांशमीटर लम्बाई मे १°श तापक्रम बढ़ने से लम्बाई मे प्रसार हुआ $\frac{अ}{ल(थ-त)}$ शतांशमीटर।

परिभाषा–एक इकाई लम्बाई मे १°श तापक्रम बढ़ाने से जो प्रसार वा अधिकता होती है उसे लम्बप्रसारगुणक कहते हैं।

यदि लम्बप्रसार गुणक ग हो तो उक्त प्रयोग में जिस धातुकी छड़ ली गई है उसका लम्बप्रसार गुणक $ग = \frac{अ}{ल (थ - त)}$

इसी प्रकार किसी ठोस पदार्थ का लम्बप्रसारगुणक निकाला जा सकता है । कुछ पदार्थों के लम्बप्रसार गुणक यह हैं:—

तांबा	००००१७१८	सीसा	००००२८५
कांच	०००००८८४	सोना	००००१४६६
जस्ता	००००२९४	कांसा	००००१८१६
चांदी	००००१९१	स्फटम्	००००२३१
सफेद पत्थर	००००८५	हीरा	·०००००११८
गन्धक	००००६४१	लोहा	०००००११२५
पीतल	·००००१८७८	नमक	००००४०६
परनौप्यम्	०००००८८४	नौसादार	·००००६३

उदाहरण १—२० मीटर लम्बी सोने की छड़, ४००°श तापक्रम बढ़ाने से लम्बाई में कितनी हो जायगी ।

१ मीटर लम्बी छड़ १°श गरम करने से ·००००१४६६ मीटर बढ़ती है
,, ,, ४००°श ,, ४०० × ·००००१४६६ मीटर बढ़ेगी
२० ,, ,, ,, २० × ४०० × ·००००१४६६ मीटर बढ़ेगी

= ·११७२८ मीटर

= ११ ७२८ शतांश मीटर

इसलिये छड़की लम्बाई गरम करने के बाद २० मीटर ११·७२८ शतांशमीटर होगी ।

उदाहरण २—१० गज लम्बी लोहे की रेल तापक्रम १००°श बढ़ाने पर लम्बाई में कितनी बढ़ जायगी ?

१ गज लम्बी लोहे की छड़ १°श गरम होने से ·००००११२५ गज बढ़ती है।

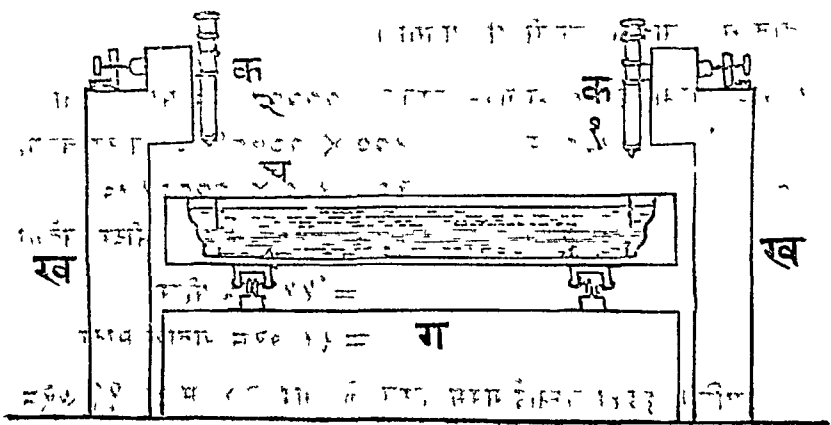
१ गज लम्बी लोहे की छड़ १००°श गरम होने से १००×·००००११२५ गज

= ·०११२५ गज

= ·४०५ इंच

= लगभग आध इंच बढ़ती है

लम्ब प्रसार गुणक नापने की तुलना विधि

प्रयोग ९ :—इस रीति से लम्ब प्रसार गुणक बहुत ठीक निकाला जा सकता है।

चित्र १५

$क_1$, $क_2$ दो सूक्ष्म-दर्शक है जो कि दो खम्भो के बल रुके हुये है, और बाकी यंत्र से बिल्कुल अलग है। ग एक लकड़ी का तख्ता है जिस पर एक लम्बी छोटी टंकी रखी हुई है। इस टंकी मे पहिये लगे हुए है। जिस छड़ का प्रसार गुणांक निकालना हो, वह इस टंकी मे दो नोको पर रख दी जाती है, और टंकी मे पानी भर दिया जाता है जिससे छड़ एक नियत तापक्रम पर रहती है। ऐसी ही एक और टंकी मे प्रामाणिक मीटर रखा रहता है। पहले, इस प्रामाणिक मीटर वाली टंकी को सूक्ष्मदर्शक के नीचे रखते है, और उसे इधर उधर खसका कर ऐसा कर लेते है कि सूक्ष्मदर्शक का स्वस्तिक सूत्र मीटर के दो निशानों के ठीक ऊपर पड़े। अब $क_1$ और $क_2$ के बीच का फासिला ठीक एक मीटर हो गया। इसके बाद छड़ पर दो चिह्न एक मीटर के लगभग दूरी पर बना लिये जाते है। और इस टंकी को सूक्ष्मदर्शक के नीचे रखा जाता है। टंकी मे ०° श पर पानी बहता है, $क_1$ और $क_2$ दोनो सूक्ष्म दर्शकों द्वारा इन निशानो को बिम्बित (Focus) करते हैं। यदि छड़ के निशानो की दूरी एक मीटर से कमोवेश होगी तो उन दोनो को इधर उधर हटाना होगा। इनमे भी माप लगे हुए हैं जिनसे, हटाव मालूम हो जाता है। इस प्रकार छड़ की लम्बाई ०° श पर ठीक ठीक मालूम हो जावेगी। फिर पानी को कुछ गरम करते हैं और इसका तापक्रम नाप लेते है, फिर सूक्ष्मदर्शक के स्वस्तिक सूत्रो को इन दोनो निशानो पर लाते हैं। इससे छड़की लम्बाई इस तापक्रम पर मालूम हो जाती है। दो तापक्रमो पर लम्बाई मालूम होने से लम्बप्रसार गुणांक मालूम हो जाता है।

क्षेत्रप्रसार गुणक

ताँबे या लोहेकी कोई चौकोर तख्ती गरम की जाय तो उसका क्षेत्रफल बढ़ जायगा। गरम करनेसे लम्बाई बढ़ती है इसलिए तख्तीकी लम्बाई चौड़ाई बढ़ जायगी और लम्बाई चौड़ाईके बढ़नेसे क्षेत्रफल बढ़ा। किसी तापक्रमतक गरम करने से क्षेत्रफलमे जो अधिकता होगी उसे इस प्रकार जान सकते हैं। पहले तख्तीकी लम्बाई ख शतांशमीटर चौड़ाई च शतांश-मीटर तापक्रम त°श है। गरम करके तख्तीका तापक्रम थ°श कर लिया गया। यदि लम्बप्रसारगुणक ग माना जायगा तो

तख्तीकी लम्बाईमे अधिकता = ल × (थ − त) ग, । और कुल लम्बाई = ल + ल (थ − त) ग ।

मान लो कुल लम्बाई ला और चौड़ाई चा शतांशमीटर हो तो ला = ल + ल (थ − त) ग ।

यदि पहले तख्ती ०°श पर होती तो त = ०

और ला = ल + ल थ ग = ल (१ + गथ)

इसी प्रकार कुल चौड़ाई चा = च (ग + थ) ।

गरम करनेसे पहले तख्तीका क्षेत्रफल

= ल च वर्ग शतांशमीटर

गरम करने पर तख्तीका क्षेत्रफल = ला × चा

= ल (१ + ग थ). च (१ + गथ)

$= \text{लच} (१ + \text{गथ})^२$

$= \text{लच} (१ + २ \text{ गथ} + \text{ग}^२ \text{थ}^२)$

= लच (१ + २ गथ)

पदार्थों का लम्बप्रसार गुणक ग बहुत कम होता है (ऊपर देखो)। $ग^2$ और भी कम होगा। इस लिये $ग^2 थ^2$ को साधारण हिसाब मे छोड़ देते हैं।

∴ क्षेत्रफल मे अधिकता

= लच (१ + २ गथ) — लच

= लच. २ गथ

विदित हुआ कि—

ल च वर्ग शतांशमीटर में थ° श गरम करने से अधिकता
= लच २ गथ

१ " थ° श गरम करने से
अधिकता = २ गथ

∴ १ वर्ग शतांशमीटर १° श गरम करनेसे अधिकता = २ गथ

परिभाषा—१ इकाई क्षेत्रफलका १°श तापक्रम बढ़ाने से क्षेत्रफल में जो अधिकता (प्रसार) होती है उसे क्षेत्रप्रसार गुणक कहते है।

∴ क्षेत्रप्रसारगुणक लम्बप्रसार गुणक का दोगुना हुआ।

घनप्रसार गुणक

ठोसोमे लम्बाई चौड़ाई और मोटाई तीनो होती है। गरम करने से तीनों बढ़ती हैं इस लिये घनफल बढ़ जाता है।

परिभाषा—१ इकाई घनफल को १° तापक्रम बढ़ाने से घनफलमें जो अधिकता (प्रसार) होती है उसे घनप्रसार गुणक कहते है।

ऐसे पदार्थ की एक ईंट लीजिये जिसका घनप्रसार गुणक घ है जिसकी लम्बाई ल शम. चौड़ाई च शम. और मोटाई म. शम. और तापक्रम ०° श है।

घनफल = ल × च × म घनशतांशमीटर। ईंट को थ° श. तक गरम करने से लम्बाई, चौड़ाई और मोटाई बढ़ कर ला, चा और मा हो गई।

अब ईंट का घनफल = ला × चा × मा घनशतांशमीटर

लेकिन ला = ल(१ + गथ)

चा = च(१ + गथ)

मा = म(१ + गथ)

ला चा मा = ल च म $(१ + गथ)^३$

= लचम (१ + ३ गथ + ३$ग^२थ^२$ + $ग^३थ^३$)

$ग^२$ और $ग^३$ बहुत छोटे हैं इसलिये साधारणत छोड दिये जाते है

= ल च म (१ + ३ गथ)

थ° श तक गरम करने से ईंट के घनफल में अधिकता

= ला चा मा — ल च म

= ल च म ३ गथ

थ° श तक गरम करने से ल च म मे अधिकता = ल च म ३ ग थ

थ° श तक गरम करने से १ मे अधिकता = ३ ग थ

१° श गरम करने से १ मे अधिकता = ३ ग

परिभाषानुसार यह घनप्रसार गुणक के बराबर हुआ।

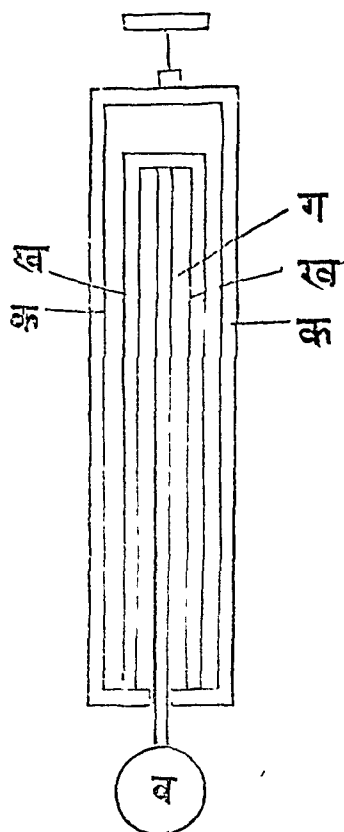
इसलिए घ = ३ ग अथवा घनप्रसार गुणक लम्बप्रसार गुणक का तिगुना होता है।

उपयोग

गरमी पाकर पदार्थ बढ़ते है, इस बात के ज्ञान से बहुत से उपयोगी कामो मे सहायता मिलती है। इनमे से कुछ तो पहले बतलाये जा चुके है और कुछ का यहाँ उल्लेख किया जावेगा।

बिजली की बत्ती के तंतुओ के सिरो को कांच में होकर बाहर लाने के लिये तंतु के सिरे पर नकल-इस्पात का तार जोड़कर कांच मे से लाते है। पररौप्यम् का तार भी काम मे लाया जा सकता है। कारण यह कि, यह दोनो धातु और कॉच गरमी पाकर एक-सा बढ़ते है। इस कारण सभी तापक्रमो पर जुड़े बने रहते है। यदि दो चीजें जुड़ी हो और गरमी पाकर अलग अलग बढ़े' तो जब कभी तापक्रम बदलेगा, जोड़ ढीला पड़ जावेगा।

मोटी पेंदी वाले कांच के गिलास मे अगर गरम पानी या दूध यकायक डाल दिया जावे या किसी एक जगह लौ से गरम कर दिया जावे तो यह अकसर तड़क जाते हैं। कारण यह कि कॉच कुचालक है, इस कारण जब कभी गरम चीज अन्दर डाली जाती है तो भीतर बाहर तापक्रम एक सा बराबर नही रहने पाता बल्कि अन्दर ज्यादा और बाहर कम हो जाता है। इस लिये अन्दरका कांच बाहर के कांचसे ज्यादा फैलता है और कांच चटक जाता है। गलाया हुआ बिल्लौर या शैलिका (silica) बहुत कम फैलता है। इस वजहसे इसको अगर यकायक बहुत गरम करें तो यह नही चटकता।

बड़े बड़े घटोमे हम देखते हैं कि एक लटकन लटका रहता है। यह इधर उधर घूमता रहता है। घड़ी का ठीक समय देना इस लटकन की छड़ की लम्बाई पर निर्भर है। अगर लंबाई बढ़ जाय तो घड़ी सुस्त चलने लगती है, और अगर घट जाय तो तेज चलने लगती है। इस लिये घड़ी गरमी मे सुस्त और जाड़े में तेज़ हो जाया करे, इस दोष को दूर करने के लिये लटकन की छड़ इस-प्रकार बनाते हैं।

चित्र १६

क, क, और ग लोहे की छड़ें है और ख, ख दस्ते की ब लटकन का गोला है । जहाँ से लटकन लटकाया जाता है, वहां से इसकी दूरी घ + क—ख + ग ।

गरमी पानी से ये सब बढ़ते हैं । अगर $ल_१$ और $ल_२$ लोहे

और दस्ते का लम्बप्रसार गुणक हो, तो त° तापक्रम पर यह दूरी

$$=(घ+क+ग)(१+ल_१त)-ख(१+ल_२त)$$

$$=घ+क-ख+ग$$

घड़ी का समय न बदलने के लिये यह सम्बन्ध चाहिये

$$\therefore \frac{घ+क+ग}{ख}=\frac{ल_२}{ल_१}$$

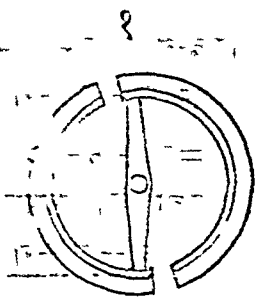
इस उदाहरण मे $\frac{ल_२}{ल_१}=\frac{१४७}{६१}$

इसलिये समीकरण में बायें ओरकी राशि लगभग $२\frac{१}{२}$ के होनी चाहिये जिससे लोहे और दस्ते की छड़ो की लम्बाइयो का सम्बन्ध निकल आवे।

जेब घड़ी या अन्य छोटी घड़ियो में एक पहिया (balance wheel) होता है जो कमानी से घूमता है। घड़ी का समय कमानी की लचक और पहिये के व्यास और मात्रा पर निर्भर है। तापक्रम बढ़ने से लचक घट जाती है, और व्यास बढ़ जाता है। इन दोनो कारणोसे घड़ी सुस्त पड़ जाती है। इस दोष को दूर करने के लिये पहिया दो धातुओ को मिला कर बनाया जाता है। अगर हम एक दस्ते की पत्ती लोहे की बराबर पत्ती पर जड़ दें और इन जुड़ो हुई पत्तियोको आग मे गरम करें तो ये टेढ़ी पड़ जायंगी। कारण यह कि दस्ता लोहे से ज्यादा फैलता है।

पहिया चित्र (सं० १७) में दी हुई शकल का होता है। तापक्रम बढ़ने से जब छड़ झुकता है तो १, २ भागकेन्द्र के निकट आ जाते हैं जिससे फलित व्यास कम हो जाता है और यह लचक की कमी के असर को दूर कर देता है और घड़ी का समय नहीं बदलने पाता।

१

२

चित्र १७

अभ्यास के लिये प्रश्न

१—ठोसों का लम्बप्रसारगुणक कैसे निकालते हैं।

२—लम्बप्रसारगुणक, क्षेत्रप्रसारगुणक और धनप्रसारगुणक की परिभाषा क्या है और इनमें आपस में क्या सम्बन्ध है।

३—एक १० मीटर लम्बी ताँबे की छड़ $0°$ श तक गरम की गई है उसकी लम्बाई में कितनी अधिकता होगी और गरम छड की लम्बाई क्या होगी?

४—एक पीतल की चादर ५ गज़ लम्बी और तीन गज़ चौड़ी $0°$ श से १०० $°$ श तक गरम की गयी है, गरम छड़ का क्षेत्रफल क्या होगा?

५—एक नमक की ईंट १ घनफुट $0°$ श से २६ $0°$ श तक गरम की गई, तो उसके घनफल में क्या अधिकता हुई?

६—पानी का प्रसार

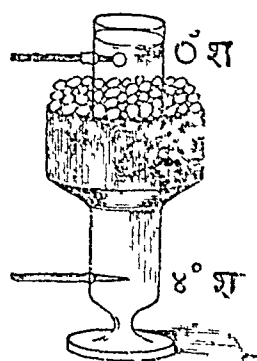
पानी बहुत साधारण वस्तु है और उसका काम भी बहुत पड़ता है। आपेक्षिक घनत्व भी उसी से नापते हैं। इस लिए पानी के घनत्व पर गरमी का प्रभाव जानना हमारे लिए बड़े काम का होगा।

दूसरे अध्याय में हम परीक्षा करके देख चुके हैं कि गरमी से पानी का आयतन बढ़ जाता है और ठंडक से सिकुड़ जाता है। अब हम चाहें तो उसी काग में दूसरे छेद से एक तापमापक लगाकर पहले की नाईं नपे पानी को भिन्न भिन्न अंशों तक गरम करके देख सकते हैं कि कितने दरजे की गरमी से आयतन कितना बढ़ा और एक मोटा हिसाब लगा सकते हैं कि शतांश तापमापक के प्रति अंश की गरमी से पानी का आयतन इतना बढ़ता है।

जब किसी पदार्थ का आयतन बढ़ जायगा, तो उसका प्रभाव उसके आपेक्षिक घनत्वपर अवश्य पड़ेगा। मान लीजिये कि १ घन इंच पानी बढ़ते बढ़ते ५/४ घन इंच हो गया, तोल में तो कोई फरक आया नहीं, अर्थात् जो तोल १ घनइंच पानी की थी वही अब इस ५/४ घन इंच पानी की भी होगी। सो यह बात प्रकट हुई कि आयतन बढ़ने से पानी हलका हो गया, आपेक्षिक घनत्व में कमी आ गयी, घट गयी। इससे यह बात सहज सिद्ध हो जाती है कि गरमी से ज्यों ज्यों आयतन बढ़ता है आपेक्षिक घनत्व में कमी आती जाती है और फैलता हुआ

पदार्थ हलका होता जाता है। ठडक से ज्यों ज्यों आयतन घटता है, सिकुड़ने वाली चीज भारी होती जाती है।

पानी पर जब हम गरमी का प्रभाव साधारण दरजे से गरम करके जांचते हैं, तो आयतन को बढ़ता हुआ पाते हैं, पानी हल्का होता जाता है, यहां तक कि १००° श तक खौल कर भाप बनने लगता है, पर जब हम साधारण दरजे से ठंडा करने लगते हैं तो आयतन घटता जाता है और पानी भारी होता जाता है। परन्तु पानी में एक बड़ी विचित्र बात यह है कि ४ श° पर पहुंचा कर आयतन का घटना और घनत्व का बढ़ना रुक जाता है। इससे अधिक ठडा करने से उलटी बात होती है। आयतन फिर बढ़ने और घनत्व घटने लगता है और ०° श पर बरफ जमकर पानी पर तैरने लगती है।

प्रयोग १०—होप नामक एक वैज्ञानिक ने यह एक प्रयोग सिद्ध किया। उसने लोहे का एक लंबा बरतन लिया। और बरफ से घेरने के लिये इसकी कमर में चारों ओर टीन का घेरा लगा दिया। बरतन में दो कागदार छेदों से दो तापमापक लगाये जिसकी घुंडी जल के भीतर रहे। अब बरतन में पानी भरा गया। दोनों तापमापकों में बराबर ४शतक पारा चढ़ा। बाहरके प्यालेमें कूट कर बरफ भर दी गयी और ज्यादा ठंडा करने को नमकके छोटे छोटे टुकड़े भी डाल दिये गये। इस उपायसे बरतनका पानी ठंडा हुआ ठडक से ऊपर का पानी सिकुडा और भारी होकर नीचे डूबा और शीतके कारण

चित्र १८

नीचे वाले तापमापक मे पारा उतरने लगा। इस तरह कुछ देरतक उतरता रहा, यहां तक कि ४° श तक आकर ठहर गया। इधर ऊपर के तापमापक का पारा भी उतरता रहा। परन्तु यह उतरता गया, यहां तक कि ०° श तक उतरा तो पानी के ऊपर बरफ जमने और तैरने लगी।

इसका कारण क्या है ? क्या बात है कि नीचेके पानी का तापक्रम ४°श से नीचे नही उतरा और ऊपर ०° श होकर बरफ तक जम गई ? क्या बात है कि पानी ठोस बन गया परन्तु अपने द्रव रूप से इतना हलका है कि तैर रहा है ?

हम जो कुछ इस अध्याय के आरंभ मे कह आये हैं उस पर आप फिर विचार करें तो जवाब मिल जायगा। पानी ज्यो ज्यो ठंडा होता जाता है त्यो त्यो भारी होता जाता है, और तले डूबता जाता है। पर ज्यो ही ४° श पर पहुंचा अपने घनत्व की हद को भी पहुंच गया। अब इससे भारी नही हो सकता, अब ज्यादा नही सिकुड़ सकता, अधिक से अधिक भारी होने के कारण नीचे बैठ रहा। ४° श से नीचे की ठंडक से पानी हलका होगा, सो नीचे क्यो आने लगा ? वह ऊपर को ही उठेगा और ठंडक ऊपर को ही बढ़ेगी। यहां तक कि ठंडक से बरफ जम गयी, आयतन और हलकापन इतना बढ़ा कि तैरने लगी। यह ऐसी अदभुत बात है जिससे सृष्टिकर्त्ता की महिमा प्रत्यक्ष होती है। जो बात इस यंत्र मे देखी गयी वही प्रकृति के बड़े बड़े यंत्रों मे भी सदा दिखाई देती है।

बड़े शीत देशो मे पृथ्वी के उत्तर और दक्षिण खंडों मे जाड़ोमे समुद्रका पानी ऐसा जम जाता है कि पानी की जगह कोसो बरफ का मैदान दीखता है। परन्तु केवल सतह

के ऊपरका पानी जमता है, नीचे ४° श का जल बना रहता है। क्यों ? आप अब बतला ही सकेंगे। ऊपरी ठंडक से पानी ठंडा होने लगता है, ज्यों ज्यों ठंडा होता गया तले डूबता गया, यहां तक कि सारा जल ४° श तक पहुंच जाता है। इससे अधिक शीत से पानी हलका होकर ऊपर ही रह जाता है। और ठंडक से बढ़ते बढ़ते जम कर बरफ बन जाता है। जब समुद्र ने बरफ का लिहाफ ओढ़ लिया फिर ऊपर की ठंडक से बचा रहा। बरफ के ऊपर हवा की ठंडक—२° श तक भी हो जाती है पर बरफ के नीचे का पानी ४° श का ही बना रहता है।

विचारिये, इससे सृष्टि का कितना बड़ा लाभ हुआ। यदि पानी बराबर ४° श से नीचे भी भारी होता जाता और डूबता जाता तो पहले समुद्र के तले का पानी जमता और जमते जमते सारा समुद्र जम जाता, जिससे हर साल जाड़ों मे अनेक देशों में लाखों प्राणियों का नाश हो जाया करता। इसके सिवा एक बार जमा हुआ समुद्र सारे का सारा कभी न पिघल सकता। इस तरह जो महासागर असंख्य जीवों से भरापुरा है उजड़कर निर्जीव होने से वह रत्न न बनते, न पाये जाते जिनकी बदौलत रत्नाकर कहलाता है।

बरफ पानी मे तैरती है इससे उसका हलकापन तो प्रत्यक्ष ही है पर अगर हम बरफ के एक टुकड़े का आयतन नाप ले और गला कर उसके पानी का आयतन भी नापे तो बरफ के आयतन से कम निकलेगा, और बरफ का आपेक्षिक घनत्व १०/११ वा ९ के लगभग होगा।

पानी जब जमकर बरफ बनने लगता है तो इतने जोर से

फैलता है कि अपने लिये ठौर बनाने को मनमानी कर डालता है। पहाड़ी देशों में बहुधा पानी के नल फट जाते हैं। कारण यही है कि पानी ठंडा होता जाता है और अन्त में बरफ बन कर अधिक स्थान लेता है। नल में इतना स्थान न हो तो उसे तोड़ कर बाहर निकल आता है। जहां यह हानि होती है वहां लाभ भी होता है। अपने इस गुण से पानी हमारे लिये अच्छी उपजाऊ भूमि नित्य बनाता जाता है। बरसात में पानी पहाड़ के दरारों में घुस जाता है और पड़ा रहता है। जाड़ों में जब यही जल जमकर बरफ बनजाता है तो अपने बल से चट्टानों को तोड़ डालता है। इसके असंख्य टुकड़े नदी नालों से बहकर चूर होते जाते हैं और बहते बहते नीची धरती या समुद्र के किनारों को पाट पाटकर नयी उपजाऊ और बसने योग्य भूमि बनाते हैं।

हम कह चुके हैं कि पानी जमने पर फैल जाता है अथवा यों कहिये कि पानी के दृढ़ होने पर आयतन बढ़ जाता है और बरफ पिघलाई जाती है तो आयतन कम हो जाता है। यह भी साधारण बात है कि दबाने अथवा भार डालने से वस्तु सिकुड़ जाती है अथवा उसका आयतन कम हो जाता है। बरफ पर बहुत भार पड़े तो पिघल कर पानी हो जाती है; क्योंकि दबाव से वा भार से बरफ़ का आयतन कम हो जाता है, और उसके कम होने से बरफ जल हो जाती है।

यदि बरफ के टुकड़े पर तार रक्खें और तार के सिरों में दो भारी पत्थर बांधें तो आप देखेंगे कि तार बरफ को काटता हुआ नीचे गिर जाता है पर बरफ का टुकड़ा कटा हुआ नहीं दीखता। बात यह है कि बरफ की पहली तह पर तार का

भार पड़ने से उस स्थान मे पानी बन गया और तार नीचे को गया, उसके ऊपर के उस जल पर भार कम हो जाने से वह फिर जमकर बरफ हो गया। इसी तरह तार धीरे धीरे पानी बनाता नीचे को जाता रहा और ऊपर का जल फिर जमकर बरफ बनता गया। यह प्रयोग टिंडल का प्रयोग कहलाता है।

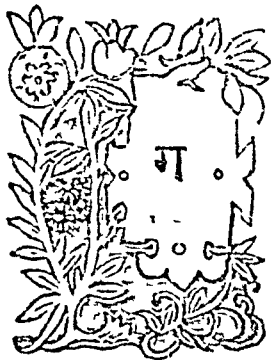
ऊंचे ऊंचे पहाड़ो पर बरफ पड़ती रहती है। यही कुछ समय मे इकट्ठा होकर एक बरफ की बड़ी ऊंची चट्टान बन जाती है। जब इसकी ऊंचाई इतनी हो जाती है कि नीचे की तह (जैसा कि ऊपर लिखा जा चुका है) भार पड़ने से गल कर पानी हो जाय तो ऊपर की चट्टान फिसल कर नीचे चलने लगती है। नीचे आने पर तापक्रम अधिक मिलता है और यह चट्टाने (ग्लेशियर Glaciers) गल नदियो को पानी देती हैं। गंगा यमुना का जल हिमालय से इसी प्रकार आता है, और इसी कारण पहाड़ पर गर्मी में भी ठंडा मिलता है।

यह तमाशा केवल उन्हीं पदार्थों मे देखा जाता है जो जल की भांति जमने पर फैलते है, क्योकि दबाव पड़ने से यह सिकुड़ जाते है, अथवा द्रव हो जाते है।

अभ्यासके लिए प्रश्न

१—गरमी का पामी पर क्या प्रभाव पडता है?

२—पानी में क्या विलक्षणता है, जिससे शीत प्रधान देशों मे सारा समुद्र बरफ नहीं हो जाता?

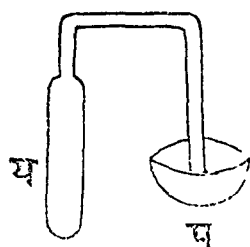
७--द्रवों का प्रसार

रमी पा कर द्रव पदार्थ फैलते है। द्रव पदार्थ वर्तन मे रखे जाते हैं। इनका स्वयं कोई आकार नही होता, जिस वर्तन मे रखे जाते है उसी के आकार के हो जाते है, अर्थात् इनमे कोई निश्चित लम्बाई चौड़ाई नही होती, केवल आयतन होता है। गरम करने से आयतन मे जो अधिकता हो वह नाप ली जाय तो घनप्रसारगुणक निकाला जा सकता है, विधि और हिसाव वही होगा जैसा ठोसो के घनप्रसार गुणक निकालने के लिए होता है।

पर एक वात का ध्यान रखना आवश्यक है। द्रव सदा वर्तनो में रहते है। गरम करने से वर्तन भी फैलेंगे। द्रव के घन-फल मे हम तभी अधिकता देखेंगे जब यह अधिकता वर्तन के प्रसार से अधिक होगी। यदि वर्तन और द्रव में वरावर प्रसार हुआ हो या यो कहिये कि द्रव का घनफल जितना वढ़े उतना ही वर्तन का भी वढ़ जाय तो द्रव के घनफल मे कुछ भी अधि-कता न प्रतीत होगी।

द्रव मे जो प्रसार प्रत्यक्ष होता है वह द्रव का असली प्रसार नही है। प्रत्यक्ष प्रसार मे वर्तन का प्रसार जोड़ने पर असली प्रसार मालूम होगा। वर्तन ठोस पदार्थ के वने होते हैं, जिनका घनप्रसारगुणक मालूम होने से प्रसार निकाल लेते हैं। इस लिए साधारणतः द्रव का प्रत्यक्षप्रसार (जो वर्तन मे रखने से दीखे) नापते हैं और फिर असली प्रसार निकाल लेते हैं।

प्रत्यक्षप्रसार नाप कर प्रत्यक्ष घनप्रसारगुणक, सक्षेप मे प्रत्यक्ष गुणक, निकालते हैं क्योकि १° तापक्रम गरम करने से इकाई घनफल मे प्रत्यक्ष प्रसार को, परिभाषानुसार, प्रत्यक्षगुणक कहेगे।

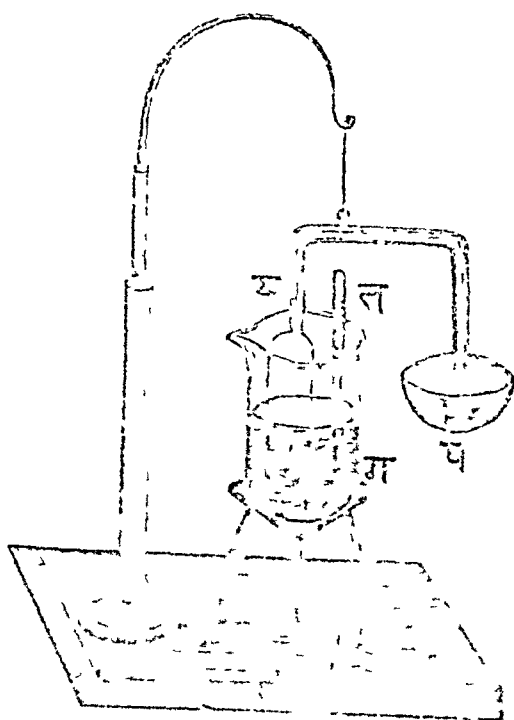
प्रयोग ११—प्रत्यक्ष-प्रसारमापक द्वारा प्रत्यक्ष-प्रसार निकालने की विधि।

इस यंत्र का रूप चित्र १६ देखने से मालूम हो जायगा। यह काच या बिलौरी पत्थर का (quartz) होता है। इसका धड़ ध चार शतांशमीटर लम्बा और एक शतांशमीटर मोटा होता है, इसकी सूंड़ दो बार समकोण पर मुड़ी हुई सूक्ष्म छेदवाली नली होती है। कभी कभी गर्दन समकोण मे नहीं मुड़ी होती है। इसको तोल कर इस प्रकार लटकाते हैं कि इसकी सूंड़ बर्तन मे रखे द्रव मे डूबी रहे।

चित्र १९

यंत्र के धड़ पर सिपरिट लम्प की (वह लम्प जिसमे शराब या स्प्रिट जलाई जाती है) लौ ऊपर से नीचे और नीचे से ऊपर फेरते है। यन्त्र गरम हो जाता है, भीतर की हवा गरम होकर फैल जाती है, कुछ बुलबुले बर्तन के द्रव मे होकर निकलते दीख भी पड़ते हैं। लम्प को लौ हटानेसे यन्त्र ठंडा होता है, भीतरकी हवा सिकुड़ती है, कुछ द्रव भीतर आ जाता है। इस प्रकार क्रम से दो चार बार गरम और ठंडा करने पर यन्त्र सूंड़ के सिरे तक द्रव से भर जाता है।

यन्त्र ठीक ऐसे ही टंगे टंगे पानी भरे गिलास मे रख दिया जाता है। बिलकुल ठंडा हो जाने पर तापमापक से ताप-क्रम पढ़ लेते है। मान लो यह त°श है। ध्यान रहे सूंड़ बराबर द्रव मे डूबी रहे जिससे ठंडो होते समय हवा न घुस सके। अब रूमाल या चिमटी से यन्त्र को पकड़ कर तराजू के पलड़ेमे रख कर तोल लेते है। यंत्र को हाथ से न छूना चाहिये नही तो हाथ की गरमी से गरम होकर कुछ द्रव निकल पड़ना सम्भव है।

द्रव सहित यंत्र के बोझ मे से यन्त्र का बोझ घटाने से त°श ताप-क्रम पर यन्त्र भर द्रव का बोझ व मालूम हुआ।

तराज से उठा कर फिर गिलास मे टांग देते हैं, पर सूंड़ द्रव मे नही रखते। इस गिलास को तिपाई पर रख कर (चित्र २०) गरम करते है। गरम करने से कुछ द्रव सूंड़ से टपक पड़ता है, इसे निकल जाने देते हैं। तापक्रम पढ़ कर फिर तोल लेते हैं। मान लो यह तापक्रम थ° श है। द्रव सहित यंत्र के बोझ मे से खाली यंत्र का बोझ घटाने से थ° श तापक्रम पर यंत्र भर द्रव का बोझ म मालूम हुआ।

चित्र २०

व बोझ है य घन श० मी० यत्र भर द्रव का त° श पर।

वा बोझ होगा $\frac{य \times वा}{व}$ घन श० मी० का त° श पर।

वा बोझ है य घन श० मी० का थ° श पर।

यदि $\frac{य \times वा}{व}$ घनश० मी० द्रव त° श के लेकर थ° श तक गरम करें तो बोझ तो वा ही बना रहेगा पर प्रसार के कारण घनफल य घन श० मी० हो जायगा। इसलिए $\frac{य \times वा}{व}$ घन श० मी० द्रवमे (थ—त)° श गरम करनेसे $य - \frac{य \times वा}{व}$ घन श० मी० प्रसार हुआ।

१° श गरम करने से $\frac{१}{थ - त}\left(य - \frac{य \times वा}{व}\right)$ प्रसार हुआ।

१° घन श० मी० को १° श गरम करने से प्रसार हुआ—

$$\frac{१}{थ - त}\left\{\frac{१ - \frac{वा}{व}}{\frac{वा}{व}}\right\} = \frac{१}{थ - त} \times \frac{व - वा}{वा}$$

। यही प्रत्यक्ष प्रसारगुणाके हुआ। प्रत्यक्ष प्रसार मे बर्तन का प्रसार जोड़ दिया जाय तो वास्तविक प्रसार ज्ञात हो जायगा।

त° श तापक्रम पर किसी द्रव का घनफल व घन श० मी० है। उसे गरम करके थ° श तापक्रम पर ले आवें तो द्रव का

वास्तविक प्रसार = प्रत्यक्ष प्रसार + बर्तन का प्रसार

$$\frac{वास्तविक\ प्रसार}{व \times (थ - त)} = \frac{प्रत्यक्ष\ प्रसार}{व \times (थ - त)} + \frac{बर्तन\ का\ प्रसार}{व \times (थ - त)}$$ ।

और वर्तनके उस भागका घनफल जिसमे द्रव है गरम करने से पहले व घन॰ श॰ मी॰ ही था, इस लिए परिभाषानुसार—
वास्तविक प्रसार गुणक

= प्रत्यक्षप्रसारगुणक + वर्तनका प्रसारगुणक।

इस प्रकार प्रत्यक्ष प्रसार गुणक निकाल कर वास्तविक प्रसारगुणक निकाल सकते हैं क्योंकि प्रत्यक्ष-प्रसार-मापक-यंत्र कांचके ही बने होते है और कांचका घनप्रसारगुणक निकालनेकी विधि पहिले लिख आये हैं।

घनत्व पर तापक्रम का प्रभाव

यदि हम एक द्रव जिसका कि घनफल $घ_0$ हो तापक्रम $0°$ श पर लें और इसको $त°$ श तक गरम करें तो उसका घनफल बढ़कर मान लीजिये कि $घ_1$ हो जाता है। मान लीजिये कि उसका घनत्व $0°$ श पर $द_0$ है और $त°$ श पर $द_1$। गरम करने से उसके बोझ मे कोई अन्तर नही होता इस लिये

$0°$ श पर बोझ $= घ_0 \times द_0$

$त°$ श पर बोझ $= घ_1 \times द_1$

यदि द्रव का घनप्रसार गुणक घ हो तो

$$घ_1 = घ_0 \; (१ + छ.त)$$

$$\therefore \; द_0 = द_1 \; (१ + छ \, त)$$

क्योंकि $घ_0 \times द_0 = घ_1 \times द_1$

अब हम आर्किमिदीस के सिद्धांत को काम में लाने वाली प्रत्यक्ष-प्रसार-गुणक निकालने की एक और विधि लिखेंगे।

एक ठोस वस्तु को (१) पहले हवा मे तोल लीजिये (२) फिर द्रव मे $0°$ श पर, और (३) फिर उसी द्रवमे $त°$ श पर। पहली

तौल मे से दूसरी तौल घटाने से जो संख्या मिलेगी वह उस ठोस वस्तु के आयतन के बराबर द्रव की तौल होगी।

पहली तौल मे से तीसरी तौल घटाने से उस वस्तु के त°श पर घनफल के बराबर द्रव के घनफल का त°श पर बोझ होगा।

मान लो कि

$$१ \text{ ली तौल} - २ \text{ री तौल} = व_०$$

$$१ \text{ ली तौल} - ३ \text{ री तौल} = व_त$$

और ०°श और त°श पर क्रमशः द्रव का घनत्व $द_०$ और $द_त$ है।

$$\text{वस्तु का आयतन } 0^\circ \text{ पर} = \frac{व_०}{द_०}$$

$$\text{वस्तु का आयतन त°श पर} = \frac{व_त}{द_त}$$

अगर ठोस वस्तु का घनप्रसार गुणक ठ हो तो

$$\frac{व}{द} = \frac{व_०}{द_०}(१ + ठत)$$

$$\text{लेकिन } द_० = द(१ + छत)$$

$$\frac{व_०}{व} = \frac{१ + छत}{१ + ठत} \quad .. \quad (१)$$

$$= १ + (छ - ठ) त \quad . \quad (२)$$

बस हम $व_०$, व, और त जान लेने से (छ − ठ) प्रत्यक्ष प्रसार गुणक मालूम कर लेते हैं। अगर साथ ही साथ ठ भी मालूम हो तो वास्तविक प्रसार गुणक भी निकल आता है।

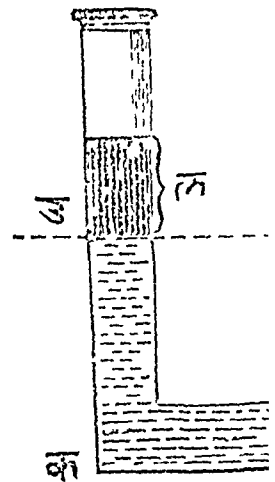
वास्तविक प्रसार-गुणक स्वयम् ही बिना प्रत्यक्षगुणक

निकाले भी निकाल सकते हैं। इस विधि का वर्णन नी
जाता है।

प्रयोग १२—चित्र २१ जैसी क और ख पर
मे मुड़ी हुई कांच की नली के समतल स्थान पर ख
थोड़ा पारा भर दो। नली की दोनो भुजाओ मे पारा
उ और इ पर ठहरेगा। क ख
समतल से उ और इ की ऊंचाई
बराबर होगी। यह ऊंचाई बरा-
बर है क्योकि दोनो भुजाओ मे
पारे के ऊपर केवल वायु है और
वायुका बोझ दोनो स्थानों पर
बराबर है।

व भुजामे पारेके ऊपर कड़ुवा
तेल और इ भुजा मे मिट्टी का तेल
भर दो। क ख से उ और इ की
ऊँचाई एक ही रखनेके लिए तेलो
की ऊँचाई भिन्न भिन्न होगी, ल
कड़ुवे तेल की और ला मिट्टी के
तेल की। चूकि उ और इ एक ही
ऊंचाई पर है इस लिए इनके

चित्र २१

ऊपर बराबर बोझ है। एक ओर हवा और मिट्टी का
दूसरी ओर हवा और कड़ुवा तेल है। हवा दोनो ओर
बोझ डालती है इस लिए मिट्टी के तेल का बोझ=

कडुवे तेल का बोझ = घनफल × घनत्व

= ल × तेल के तलका क्षेत्रफल × घनत्व

कडुवे तेल का बोझ १ इकाई क्षेत्रफल पर = ल × घनत्व

मिट्टी के तेल का बोझ = घनफल × घनत्व

= ला × तेल के तलका क्षेत्रफल × घनत्व

मिट्टी के तेल का बोझ १ इकाई क्षेत्रफल पर = ला × घनत्व

ल × कडुवे तेल का घनत्व = ला × मिट्टी के घनत्व

$$\frac{\text{मिट्टी के तेल का घनत्व}}{\text{कडुवे तेल का घनत्व}} = \frac{\text{ल}}{\text{ला}}$$

ध्यान रहे कि इकाई क्षेत्रफल पर बोझ लिया है क्योकि अब यदि नली की भुजाएँ समान न हो, एक कम और एक अधिक व्यासवाली हो, तो भी घनफलो और लम्बाइयो मे यही सम्बन्ध पाया जायगा। सिद्ध हुआ कि किसी धरातल के ऊपर दोनो भुजाओ मे इकाई क्षेत्रफल पर द्रव का बोझ समान है।

जिस द्रव का वास्तविक प्रसार-गुणक निकालना है ऊपर वर्णित नली मे भर लो। इस नली की एक भुजा को गरम करके और बाकी नली और दूसरी भुजा को ठडी रहने दो। द्रव गरम होकर फैलेगा और हलका हो जायगा। गरम द्रव का घनत्व ठडे से कम होगा, इस लिए गरम की हुई भुजा मे द्रव की ऊचाई अधिक होगी। ठंडे द्रव का घनत्व न और गरम का ना

कड़ुवे तेल का बोझ = घनफल × घनत्व

= ल × तेल के तलका क्षेत्रफल × घनत्व

कड़ुवे तेल का बोझ १ इकाई क्षेत्रफल पर = ल × घनत्व

मिट्टी के तेल का बोझ = घनफल × घनत्व

= ला × तेल के तलका क्षेत्रफल × घनत्व

मिट्टी के तेल का बोझ १ इकाई क्षेत्रफल पर = ला × घनत्व

ल × कड़ुवे तेल का घनत्व = ला × मिट्टी के घनत्व

$$\frac{\text{मिट्टी के तेल का घनत्व}}{\text{कड़ुवे तेल का घनत्व}} = \frac{\text{ल}}{\text{ला}}$$

ध्यान रहे कि इकाई क्षेत्रफल पर बोझ लिया है क्योंकि अब यदि नली की भुजाएँ समान न हो, एक कम और एक अधिक ब्यासवाली हो, तो भी घनफलो और लम्बाइयो मे यही सम्बन्ध पाया जायगा। सिद्ध हुआ कि किसी धरातल के ऊपर दोनो भुजाओ मे इकाई क्षेत्रफल पर द्रव का बोझ समान है।

जिस द्रव का वास्तविक प्रसार-गुणक निकालना है ऊपर वर्णित नली मे भर लो। इस नली की एक भुजा को गरम करके और बाकी नली और दूसरी भुजा को ठडी रहने दो। द्रव गरम होकर फैलेगा और हलका हो जायगा। गरम द्रव का घनत्व ठडे से कम होगा, इस लिए गरम की हुई भुजा मे द्रव की ऊचाई अधिक होगी। ठडे द्रव का घनत्व न और गरम का ना

मानें, तो

$$\frac{न}{ना} = \frac{ला}{ल}$$

घनत्व × आयतन = मात्रा,

अर्थात् न. अ = मात्रा।

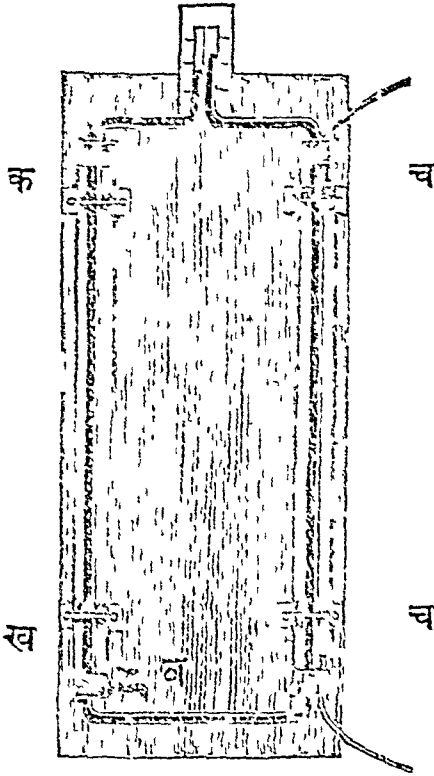
इसी मात्रा को गरम किया जाय तो मात्रा में कुछ भेद न पड़ेगा पर घनफल बढ़ जायगा, घनत्व घट जायगा।

अब भी

घनत्व × आयतन = मात्रा

अथवा ना × आ = मात्रा

$$न \times अ = ना \times आ$$

$$या \frac{अ}{आ} = \frac{ना}{न} = \frac{ल}{ला}$$

चित्र २२

अगर तापक्रम [थ − त]° श बढाया हो तो

$$आ = अ [१ + घ (थ − त)]$$

जहाँ घ वास्तविक घनप्रसारगुणक है—

$$\therefore \frac{आ}{अ} = १ + घ (थ − त) = \frac{ला}{ल}$$

$$या\ ला = ल [१ + घ (थ − त)]$$

$$या\ \ घ = \frac{ला − ल}{ल (थ − त)}$$, घ वास्तविक प्रसारगुणक है।

यह समीकरण साधारण हिसाब मे काम मे लाया जाता

है। यदि घ की मात्रा और अधिक शुद्धता से निकालनी हो तो निम्न समीकरण का उपयोग करना होगा—

$$अ = अ_0 (१ + घत)$$
$$आ = अ_0 (१ + घथ)$$
$$\therefore \frac{अ}{आ} = \frac{१ + घत}{१ + घथ} = \frac{ल}{ला}$$
$$\therefore घ = \frac{ला - ल}{लथ - लात}$$

चित्र २२ मे वह यत्र दिखाया है जिसकी सहायता से वास्तविक प्रसार गुणक निकाला जाता है।

एक शीशे की लम्बी नली लेकर उसे छः स्थानो पर समकोण पर मोड़ लिया है, जैसा चित्र से स्पष्ट होगा। इस प्रकार नली का एक चौखटासा बन गया है और उसके दोनो सिरे पास आ गये है जिससे उनमे के पारातलो की स्थिति देखने मे आसानी होती है।

चौखटे की लम्बी खड़ी भुजाये कख, चछ दो चौड़ी नलियो मे होकर निकाल ली जाता है और तब मोडी जाती हैं। ऐसा करने से उनके चारो ओर दो पेटियां हो जाती है जिनमे काग लगाकर एक मे पानी और दूसरी मे भाप भर सकते हैं जिससे एक भुजा का तापक्रम त°श होता है और दूसरी का थ°श। थ°श तापक्रम को स्थिर रखने के लिये भाप बराबर भेजते रहते है। पारातलो के भेद से ला—ल मालूम हो जाता है और ल भुजा की लम्बाई है।

अभ्यास के लिये प्रश्न

१—द्रवो का लम्बप्रसारगुणक क्यो नही होता ?

२—प्रत्यक्ष और वास्तविक घनप्रसारगुणक की परिभाषा बतलाओ।

३—द्रवों का प्रत्यक्षप्रसारगुणक कैसे निकाला जाता है ?

४—द्रवों का वास्तविक प्रसारगुणक कैसे निकाला जाता है ?

५—१ सेर पारा ०°श से १००°श तक गरम किया गया तो उसके घनफल में कितनी अधिकता हुई। पारे का घनत्व ०°श पर=१३·६ और पारे का घनप्रसारगुणक=·०००१८३।

८—भारमापक

यु में भी बोझ है, यह साधारण प्रयोगों द्वारा सिद्ध कर सकते हैं। जैसे यदि किसी कुप्पी को तोल लें फिर वायु निःसारक यंत्र द्वारा इसमें की वायु निकाल डालें और फिर तोलें तो बोझ में कमी प्रतीत होगी। इससे प्रत्यक्ष होगा कि वायु में भी बोझ है।

प्रयोग १३—चित्र २३ के आकार की नली लीजिये। उसकी एक अ भुजा ३६ इंच लम्बी हो और उसका मुंह म बन्द हो। दूसरी भुजा उ छोटी आठ इंच लम्बी और मुंह खुला हुआ हो। यह नली साधारण तिलक नली के समान है, केवल भेद यह है कि एक भुजा लम्बी है और उसका मुंह बन्द है। उसमें इस ढंग से पारा भरो कि कुल नली म से उ तक पारे से भर जाय। अब नली को सीधा खड़ा करो। उ में से कुछ पारा निकल जायगा और अ में पारा कुछ उतर आवेगा। अ और उ के पारातलों की ऊंचाई का अन्तर ३० इंच के लगभग ठहरेगा। यदि उ में से कुछ

पारा निकाल दें तो अ के पारातल की ऊंचाई भी घटेगी, परन्तु अ और उ के पारातलो की ऊंचाई का अन्तर वही वना रहेगा।

भुजा उ मे त पर और भुजा अ मे ट पर पारातल स्थिर है त से होती हुई क्षितिज रेखा अ भुजा को ता मे काटे तो ता और ट के बीच का पारा ता की प्रति इकाई क्षेत्रफल पर जो वोझ डालता है वही वोझ त की प्रति इकाई क्षेत्रफल पर भी होना चाहिये। यदि ऐसा न होगा तो पारातल स्थिर भी न होगे। पर त पारातलपर वायुमण्डल की वायु के अतिरिक्त कुछ नही है। इस लिये वायुमण्डल का वोझ प्रति इकाई क्षेत्रफल पर वही है जो लगभग ३० इंच ऊचे पारे का प्रति इकाई क्षेत्रफल पर है।

म

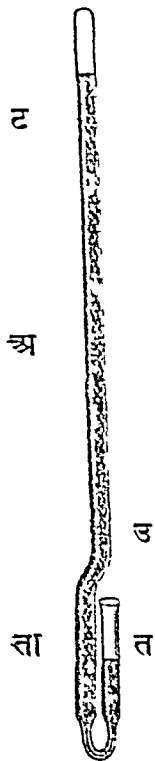
ट

अ

उ

ता   त

इ

चित्र २३

यदि एक सीधी गज भर लम्बी नली लेकर जिसका एक सिरा वन्द है पारे से लवालव भर लें और इस सिरे को अंगूठे से वन्द करके पारे से भरे प्याले ग मे इस प्रकार खड़ा कर दे कि खुला मुंह पारे के भीतर रहे और हवा नली के भीतर न पहुचने पावे तो देखेंगे कि पारा नली मे कुछ उतर आया है और प्याले और इस नली के पारातलो की ऊंचाई का अंतर तीस इंच के लगभग है। यह भी एक प्रकार की तिलक नलिका वन गयी जिसकी एक भुजा नली की है और दूसरी भुजा प्याले के ऊपर वाले वायुमण्डलकी वायु की है। (चित्र २४) नली टेढ़ी होने से पारातल की ऊँचाई नहीं वदलती।

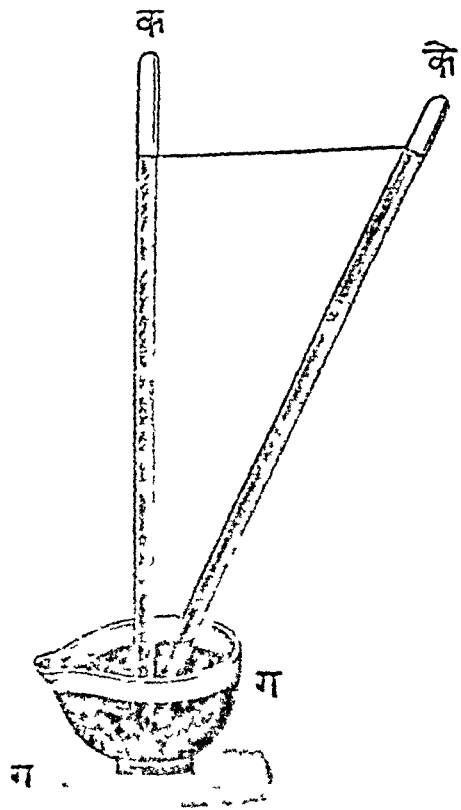
उपर्युक्त दोनो प्रकार के यन्त्र वायुमंडल की वायु का भार

(वायु चाप) नापने के काम मे आते हैं और वायु भारमापक यंत्र के नाम से प्रसिद्ध है।

वायुमण्डल की अवस्था वदलती रहती है, इसलिये वायुमण्डल की वायु का भार भी वदलता रहता है। इसलिये पारे की ऊँचाई नापने के लिये यंत्र में गज़ मीटर इत्यादि लगे रहते हैं।

प्रति इकाई क्षेत्रफल पर वायुमण्डल की वायु के बोझ को वायुमण्डल के दबाव के नाम से सूचित करेंगे। यह बोझ पृथ्वी के प्रत्येक स्थान पर समान नहीं है, क्योंकि पृथ्वी की आकर्षण शक्ति जो बोझ का कारण है भिन्न भिन्न स्थानों पर भिन्न है।

इसलिये ४५° शरान्त मे समुद्रतल पर ७६० सहस्रांश-मीटर ऊंचे पारे का इकाई क्षेत्रफल पर बोझ वायुमण्डल का प्रामाणिक बोझ माना जाता है।

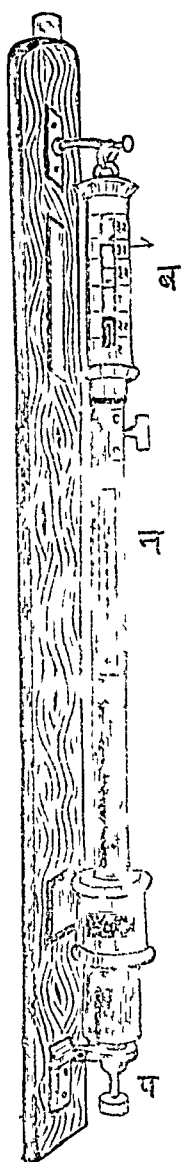
चित्र २४ दोनों पारानली की ऊँचाई का अन्तर नहीं रहेगा।

ऐसे प्रयोग समय करते जिनमे वायुमण्डल के दबाव के कारण परीक्षा के फल मे भेद सम्भव हो प्रयोग करते समय वायुभार मापक यंत्र से पारे की ऊंचाई देख लेना चाहिये। इस

चित्र २५

स्थान की शर और समुद्रतल से इसकी ऊचाई मालूम होनी चाहिये।

फोर्टिन का भारमापक

वायु का दबाव ठीक ठीक नापने के लिये बहुत से यत्र बनाये गये हैं। नीचे फोर्टिन के भारमापक का वर्णन दिया जायेगा। यह भारमापक बहुत सी प्रयोगशालाओ मे काम मे लाया जाता है।

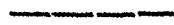
एक नली न पारेके द्रवाशय(reservoir) में खड़ी की गई है। नली करीब करीब पारे से भरी है। जब वायु का बोझ घटता बढ़ता है तो पारेकी ऊचाई भी घटती बढ़ती रहती है जिसके कारण पारे का धरातल द्रवाशय मे घटता बढ़ता रहता है। इस कारण अगर हमे पारे की ऊचाई नापना हो तो माप को ऊपर नीचे खसकाना होगा। इसको दूर करने के लिये द्रवाशय का नीचे का भाग साबर का बना होता है जिसको हम पेंच प से ऊपर नीचे हटा सकते है और ऐसा कर लेते है कि पारे के ऊपर का धरातल एक सूचक के सिरे को छूता रहे। माप का ० इस सूचक के नीचे की नोक से आरम्भ होता है। ठीक नापने ठीक के लिये एक वर्नियर ब भी लगा रहता है।

अभ्यास के लिए प्रश्न

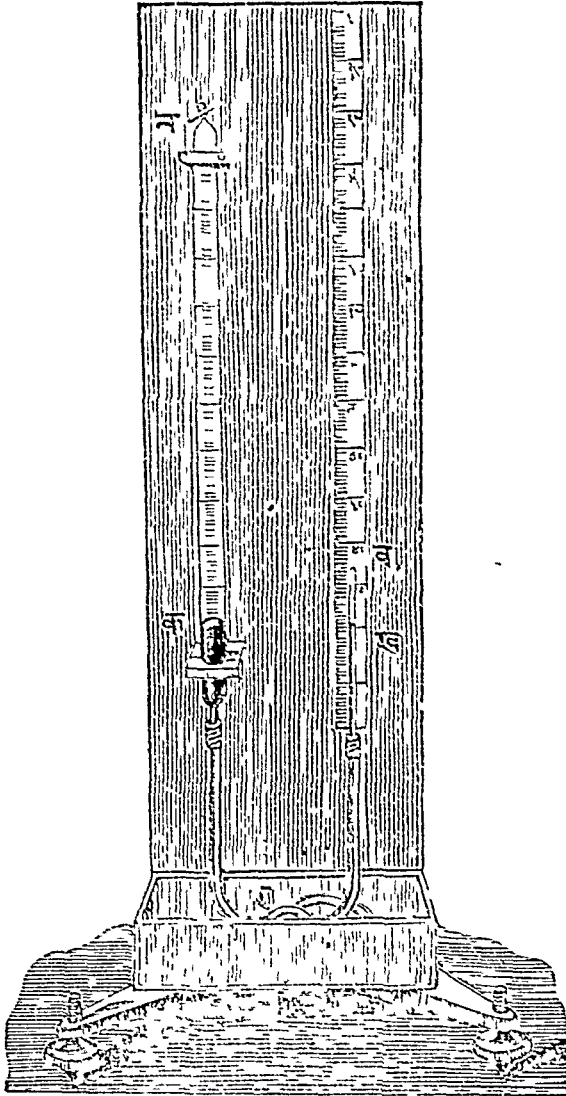
१—वायुमण्डल का दबाव कैसे निकाल सकते हैं ?

४—भारमापक यंत्र की नलीका व्यास यदि और मोटा या कम मोटा लें तो वायु चाप ३० इंच पारे से कम या अधिक हो जायगा ?

३—चित्र २३ मे नली की एक भुजा कम व्यासवाली हो, दूसरी अधिक तो नली म में पारातल की ऊंचाई घट जायगी अथवा बढ़ जायगी ?

४—वायुमण्डल का प्रमाणित बोझ क्या है ?

———

६—बायल का नियम

प्रयेाग १३—चित्र २६ मे दिया हुआ एक यंत्र है जो बड़ी

चित्र २६

सरलता से बनाया जा सकता है। न एक कांच की नली है जिसका एक सिरा बन्द है और दूसरा खुला है। व एक छोटी कांच की नली है जिसके दोनो सिरे खुले है। दोनो नलियो को एक दूसरे के साथ रवड़ की नली से जोड़ दिया है। इन नलि-योको एक तख्ते पर जड़ कर नलियो के बीच मे एक मीटरगज जड़ दिया है। यह ऐसा प्रवन्ध है कि व को तख्ते के जिस स्थान पर चाहे ठहरा दें। यंत्र तय्यार हो गया।

अव व मे पारा डालते है और नली को टेढ़ा करके हवा को निकल जाने देते है, जिससे दोनो नलियो मे पारातल की ऊंचाई एक ही हो जाती है। नली व मे पारातल पर वायु-मण्डल का दवाव है, इस लिए नली न मे वन्द वायु का दवाव, पारातल पर, वायुमण्डल के दवाव के वरावर है। नली व को यदि ऊपर उठावे तो न नली के भीतर भी पारातल ऊपर चढ़ेगा। इससे जान पड़ा कि न मे वायु का आयतन घट रहा है।

दोनो नलियो मे पारातल की ऊंचाई एक ही न होगी। व नली मे पारातल अधिक ऊंचा रहेगा। मीटर की सहायता से नलियो मे पारातल की ऊंचाई सरलता से नाप सकते है।

व नली के पारातल पर वायु मण्डल का दवाव रहता है और न नली के पारातल पर वन्द हवा का दवाव है, इस लिए—

न मे पारातल पर दवाव = वायुमण्डल का दवाव + दोनो नलियो के पारातलो की ऊंचाई मे भेद।

यदि व नली इतनी उठाई जाय कि पारातलो की ऊंचाई का भेद वायुभारमापक यंत्र के पारे की ऊंचाई के वरावर हो जाय तो न नली की वायु का आयतन पहले से आधा हो जायगा।

वायुमण्डल का दबाव वायुभारमापक यन्त्र मे पारे की ऊंचाई के बराबर होता है, जैसा पहले सिद्ध कर आये है। इसलिए न नलीवाली वायु का दबाव पारातलपर वायुमण्डलके दबावका दो गुना है। सिद्ध हुआ कि दबावको दोगुना करनेसे वायुका आयतन आधा हो जाता है। यही दबाव वायुमण्डल के दबाव का तिगुना कर दिया जाय तो वायु का आयतन तिहाई हो जायगा। जैसे जैसे दबाव बढ़ाते जायंगे आयतन घटता जायगा और दबाव घटाने से आयतन बढ़ेगा। इस प्रयोग मे न नलीवाली वायुका तापक्रम बराबर एक ही रहता है।

पहले पहले बायल ने यह प्रयोग करके वायु के आयतन और उसके दबाय मे जो सम्बन्ध है निकाला था। इस सम्बन्ध को उन्होने एक नियमके रूपमे रखा जो अब बायल का नियम के नाम से प्रसिद्ध है। वह नियम यह है—

यदि गैस की नियत मात्रा लेकर उसका दबाव घटावें बढावे, पर तापक्रमको न बदले, तो आयतन और दबाव का गुणनफल एक ही रहेगा।

इस नियम का बीजात्मक रूप यह है, अ × द = अचल राशि, यदि तापक्रम अचल रहे। यहां अ आयतन और द गैस के दबाव के लिए लिखा है।

ऊपर बायल के प्रयोग का वर्णन करते हुए वायु को ही लिया है पर भिन्न भिन्न गैसो को लेकर प्रयोग करने से भिन्न भिन्न गैसो के लिए इस नियम की सत्यता सिद्ध को जा सकती है।

प्रयोग करते समय न नलीवाली वायु का तापक्रम १५° श, २०° श, २५° श, इत्यादि कुछ भी रख सकते है, पर जो

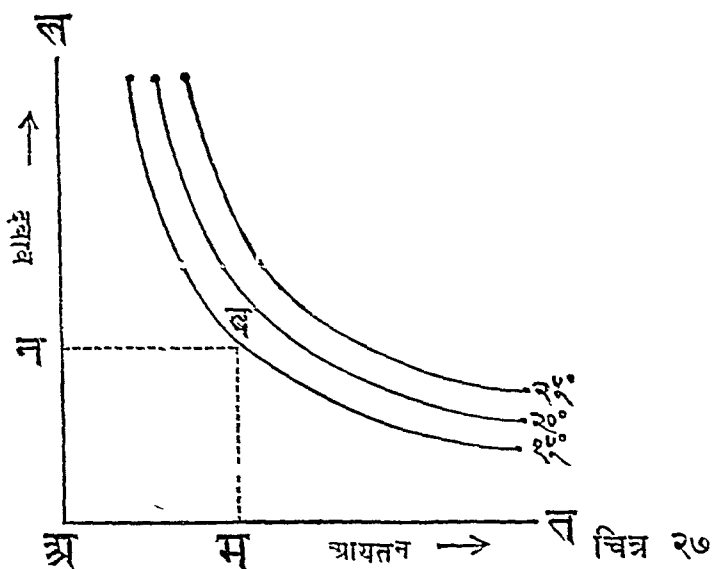
कोई तापक्रम, जैसे २०°श, लिया जाय तो वह प्रयोग के समय बदला न जाय, २०°श ही रहे। एक ही गैस के साथ भिन्न भिन्न तापक्रमों पर प्रयोग करने से यह ज्ञात होगा कि कुछ तापक्रमों पर आयतन और दबाव का गुणनफल दबाव बढ़ानेसे बढ़ता जाता है और कुछ तापक्रमोंपर यह गुणनफल दबाव बढ़ाने से घटता जाता है, पर प्रत्येक गैस के लिये एक विशेष तापक्रम ऐसा है जिस पर प्रयोग करने से बायलका नियम बिलकुल सत्य ठहरेगा। भिन्न भिन्न गैसों के लिए यह तापक्रम भिन्न होता है। इस तापक्रम को व्युत्क्रम का तापक्रम कहते है, क्योंकि आयतन और दबावका गुणनफल इस तापक्रमके नीचे दबाव बढ़ानेसे घटता है और इस तापक्रम के ऊपर बढ़ता है।

जब किसी गैसका आचरण बायल के नियमानुसार होता है वह आदर्श गैस कहलाती है। प्रत्येक गैस अपने व्युत्क्रम के तापक्रम पर आदर्श गैसका व्यवहार करती है। जो गैस प्रत्येक तापक्रम पर आदर्श हो वही पूर्ण आदर्श गैस है, और केवल उसीको हम आदर्श गैस कहेंगे।

बायल का नियम सिद्ध करने वाले प्रयोग मे आयतन और दबाव के भिन्न भिन्न फलो को नीचे दिये हुए नक्शे मे लिखना चाहिये—

गैस ··,तापक्रम ····· ।

संख्या	आयतन	दवाव	गुणनफल
१			
२			

यदि १० या १२ भिन्न आयतनो और उनके दवावो का गुणनफल निकाले तो देखेंगे कि गुणनफल वाले खाने मे प्रायः ऐसी संख्या आती है जिनमे वहुत कम भेद है और यह भेद

चित्र २७

हमारी जांच में कुछ अशुद्धता के कारण है। संख्या १ वाले आयतनको चित्र २७ मे अ त पर और दबाव को अ ल पर प्रदर्शित करें तो एक विन्दु मिलेगा। इसी प्रकार सख्या २, ३ इत्यादि से एक एक विन्दु मिलेगा। उन सब विन्दुओ को जोड़ देने से एक वक्र बनेगा जो चित्र २७ मे दिखलाया है। इस वक्र को सन्तापक्रमक वक्र कहते है, क्योकि इस वक्रके विन्दु निकालते समय तापक्रम एक ही रहा है।

भिन्न भिन्न तापक्रमो पर प्रयोग करने से प्रत्येक के लिए एक सन्तापक्रमक वक्र बनेगा। चित्र २७ मे १५°श, २०°श और २५°श के तीन सन्तापक्रमक दिखाये गये है। वह सब एक दूसरे के समान और समानान्तर है और कोई किसी को काटता नही। वीजज्यामिति के शब्दो मे कहना चाहिये कि सन्तापक्रमक वक्र का समीकरण है—"अ × द = अचलराशि"।

अभ्यास के लिए प्रश्न।

१—वायल का नियम क्या है?

२—वायल का नियम कैसे सिद्ध करते है?

३—भिन्न भिन्न तापक्रमो पर प्रयोग से आयतन और दबाव के गुणनफल मे क्या अन्तर होता जान पडता है?

४—सन्तापक्रमक वक्र किसे कहते है? यह कैसे बनाए जाते है? सन्तापक्रमक वक्र का समीकरण क्या है?

५—आदर्श गैस किसे कहते है? पूर्ण आदर्श गैसों और आदर्श गैस मे क्या भेद है?

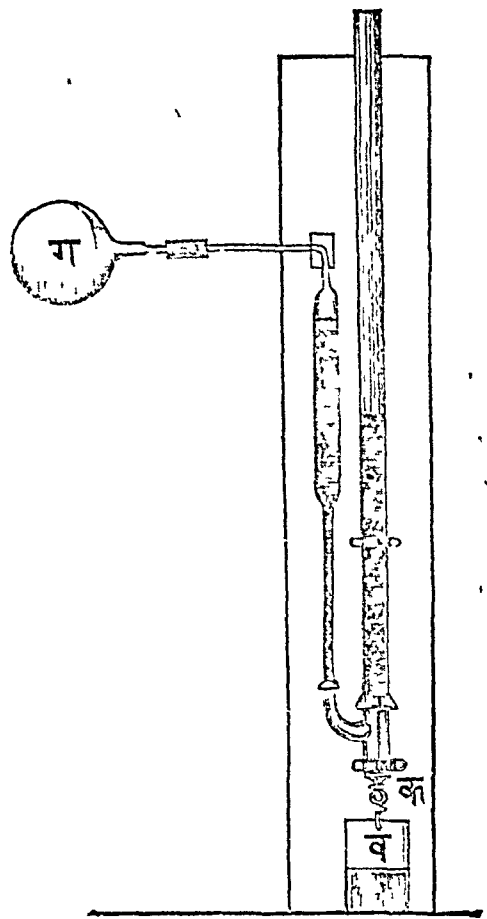
६—व्युत्क्रमक तापक्रम किसे कहते है।

७—क्या प्रत्येक गैस आदर्श गैस कही जा सकती है? प्रत्येक गैस कब आदर्श गैस का व्यवहार करती है?

१०—गैसों का प्रसार ।

से ठोस और द्रव गरमी पाकर आयतन में बढ़ जाते हैं ऐसे ही गैसें भी गरमी पाने से आयतन में बढ़ती और गरमी निकाल लेने से, ठंडा करने से आयतन में घट जाती है। पर गैसों में एक विशेषता यह है कि चाहे उनका तापक्रम न बदला जाय, न गरमी दी जाय और न कम की जाय, तो भी केवल दबाव के घटाने बढ़ाने से आयतन में परिवर्तन हो जाता है।

अध्याय ९ में बायल का नियम सिद्ध करते हुए यह सिद्ध किया गया है कि तापक्रम समान रखने पर आयतन × दबाव = अचल राशि। इसलिए गैसों के प्रसार सम्बन्धी प्रयोग करते समय इस बात का ध्यान रहे कि यदि हम तापक्रम के परिवर्तन के कारण आयतन का प्रसार, तत्सम्बन्धी नियम और प्रसारगुणक जानना चाहें तो दबाव न बदलने देना चाहिये, नहीं तो प्रयोग निष्फल होगा क्योंकि यह नहीं मालूम होगा कि आयतन तापक्रम के अथवा दबाव के कारण बदल रहा है और कितना किसके कारण। इसी लिए जब दबाव और आय-तन का सम्बन्ध जानना चाहते हैं तो तापक्रम नहीं बदलते और बायलके नियम में तापक्रम समान लेते हैं।

गैसें भी द्रवो की तरह बरतनो मे रखी जाती हैं। इसलिए द्रवो की तरह गैसो मे भी केवल घनप्रसार नाप कर घनप्रसार गुणक निकालते है। गैसें पारदर्शक होती है, इसलिए गैसो का घनप्रसार गुणक निकालने वाला यन्त्र द्रवोवाले यन्त्रसे भिन्न होता है। इसका चित्र और वर्णन दिया जाता है।

प्रयोग १४—यह यत्र बिलकुल वैसा ही होता है जैसा वायलका नियम सिद्ध करनेवाला यत्र। भेद केवल इतना ही है कि नली न के स्थान पर एक शीशेका बल्व, ग, रहता है, जिस पर कि नली

चित्र २८

बारीक छेदकी होती है और समकोण पर मुड़ी रहती है। (देखिये चित्र २८)

इस बारीक छेदवाली नलीसे एक चौड़ी नली भी जुड़ी हुई है, जिसका दूसरा सिरा वायलके नियमवाले यन्त्रकी तरह दूसरी चौड़ी नलीसे रबड़ या शीशेकी नली द्वारा जोड दिया जाता है। इसमे एक टोटी क भी लगी है। प्रयोग करनेके लिए बल्ब ग का आयतन निकाल लिया जाता है। खुली नली में से

पारा यन्त्रमे बांयी चौड़ी नली के पेंदे तक भर लिया जाता है। बल्ब ग बरफ मे रख दिया जाता है, जिससे उसके अन्दर की हवा सिकुड़ने लगती है। खुली नलीको ऊपर नीचे खिसका कर या पारा भरकर ऐसे स्थान पर ले आते है कि पारा चौड़ी नली के ऊपरके सिरेके पास पहुच जाता है और उसका पृष्ठ दोनो नलियो मे समान रहता है। ऐसी अवस्था मे बल्ब के अन्दर की हवा का दबाव वायुमण्डल के दबावके बराबर होता है। बल्ब ग बरफमे से निकाल कर भाप मे रखा जाता है। टोटीके रास्तेसे पारा चौड़ी नलीसे निकालते जाते है जबतक कि पारेका पृष्ठ दोनो नलियोमे समान नहीं हो जाता। इस उपायसे बल्बके अन्दरकी हवाका दबाव ठंडी और गरम दोनो अवस्थाओमे एक ही रहता है। [पारा तोल लिया जाता है और इस तोलको पारेके घनत्वसे भाग देकर उसका आयतन निकाल लिया जाता है। यही बल्बके अन्दरवाली हवाको बरफके तापक्रमसे भापके तापक्रम तक गरम करनेसे उसके आयतनमे अधिकता हुई।]

मानलो बल्बका आयतन अ घन शतांशमीटर है और यह अधिकता र घन शतांशमीटर है तो एक घन शतांशमीटर मे

१००° श के लगभग गरम करने से अधिकता हुई $\frac{र}{अ}$।

जितनी अधिकता प्रति घन शतांशमीटर मे १° श गरम करनेसे होती है घनप्रसार-गुणक कहलाती है।

इसी कारण घनप्रसार-गुणक $क = \frac{र}{अ \times १००}$

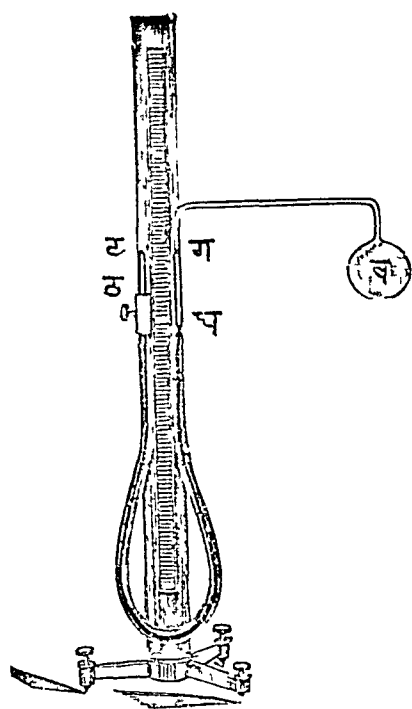
यह संख्या $\frac{१}{२७३}$ के लगभग मिलेगी और विचित्र बात यह है कि प्रत्येक गैसके लिए करीब क़रीब इतनी ही पायी जायगी। दूसरी विचित्रता गैसोंमे यह है कि तापक्रम बढ़ानेसे, पर आयतन न बदलने देने से, दबाव बढ़ता है। १° श तापक्रम बढ़ाने से एक शतांशमीटर के दबाव मे जो अधिकता होती है वह दवावगुणक कहलाती है और घनप्रसारगुणकके बराबर होती है।

प्रयोग १५—इसकी जांच इस प्रकारके यन्त्रसेकी जाती है। व शीशेका बल्ब है, (देखिये चित्र २९) जिसके मुंहसे दो बार समकोण पर मुड़ी हुई एक बारीक छेदवाली शीशेकी नली जुड़ी हुई है। यह नली और यन्त्रोकी तरह एक खुली नलीसे रबड़की नली द्वारा जुड़ी है। यह नलियां एक लकड़ीके तख्तेपर लगी होती हैं। इनके बीच मे एक गज लगा होता है। खुली नली ऊपर नीचे खिसकाई जा सकती है और जी चाहे उसी स्थान पर ठहरायी भी जा सकती है।

बल्ब को बरफमे रखकर खुली नलीको ऊपर नीचे खिसका-कार पारा बारीक छेदवाली नलीमें ग स्थान पर ले आते है। या तो इस स्थानपर नलीपर ही कोई चिह्न बना होता है या गज़का जो चिह्न पारेको पृष्ठसे समतल होता है लिख लिया जाता है। दोनो नलियोके पारेकी पृष्ठोकी ऊंचाईमे जो भेद होता है वह भी लिख लिया जाता है।

खुली नली के पारे की पृष्ठ पर तो दबाव वायुमंडल के दबावके बराबर होता है और यह भारमापककी

चित्र २६

ऊंचाई देखनेसे मालूम कर लिया जाता है। बारीक छेद-वाली नलीके पारेके पृष्ठपर गैसका दवाव है जो भार-मापककी ऊंचाईमें पृष्ठोंकी ऊंचाइयोंका अन्तर जोड़ने या घटानेसे मालूमकर लिया जाता है।

अब बल्बको खौलते हुए पानी या भापमें रखकर गरम करते है, बारीक छेदवाली नलीका पारा गिरता चला जाता है और खुली नलीमें चढ़ता चला जाता है। खुली नली ऊपर खिसकाकर बारीक छेदवाली नलीमें पारा फिर पहले स्थानपर ही ले आते है और दोनों नलियोंके पारेकी पृष्ठोंकी ऊंचाईका अन्तर लिख लेते है। इसमें वायुमंडलका दवाव जोडनेसे खौलते पानीके तापक्रम पर गैसका दवाव मालूम हुआ। इस दवावमेंसे पहलेका दबाव घटानेसे दबावमें अधिकता मालूम हो जाती है।

इस अधिकताको शून्यपरके दवाव और तापक्रमके भेदके गुणनफल से भाग देनेपर दबावगुणक मालूम हो जायगा। स्मरण रहे कि यह सरल रीति उसी समय काम आ सकती है जब बल्बको पहले बरफ मे रख लिया हो।

यदि किसी वस्तुका तापक्रम मालूम करना हो तो उसे इस यन्त्रके बल्बसे स्पर्श कराना चाहिये। जब बल्बका तापक्रम वस्तुके तापक्रमके बराबर आ जायगा तो गैसके दबाव मे अधिकता होगी और उस अधिकताको जानकर उस गैसके दबावगुणककी सहायतासे तापक्रम निकाला जा सकता है। उद्जन गैसका दबावगुणक निकाल लिया गया है और उसी गैसका ऐसा यन्त्र बना कर जिसको उदजनका स्थिरायतन तापमापक कहते हैं, साधारण तापमापकोंपर चिह्न लगानेके काममे लाते है।

ऊपर सिद्ध किया जा चुका है कि घनप्रसार गुणक, क,

$$क = \frac{अ - अ_{०}}{अ_{०}. त}$$

यदि अ, और $अ_{०}$ गैस का आयतन $त^{०}$ श और $०^{०}$ श पर हो। उसी प्रकार दबाव गुणक ख,

$$ख = \frac{द - द_{०}}{द_{०} त}$$

यदि द और $द_{०}$ गैस का दबाव $त^{०}$श और $०^{०}$श पर हो।

यदि संसार की सब गैसो के लिये क और ख ऊपर की भांति निकाले जायं तो यह मालूम होगा कि आदर्श गैसो के लिये $क = ख = ०.००३६६ = \frac{१}{२७३}$ यह चार्ल्स का नियम कहलाता है। उसके अनुसार अगर बहुत से गैसो का बराबर आयतन लें और उनका तापक्रम $१^{०}$ बढ़ा दें तो सब का आयतन बराबर बढ़ेगा

$$(= \frac{१}{२७३} \times \text{आयतन } ०^{०}\text{श पर})।$$

नीचे एक सारिणी दी जाती है जिसमे बहुत सी गैसो के लिये क और ख का मान दिया हुआ है। शुरू का दबाव १ मीटर पारे का है।

गैस	क	ख
उद्जन	०.००३६६	०.००३६६
ओषजन	—	०.००३६७
नोषजन	०.००३६७	०.००३६७
हवा	०.००३६७	०.००३६७
हिमजन	—	०.००३६६
कर्बन द्विओपिद	०.००३७४	०.००३७२

इस सारिणीसे यह स्पष्ट है कि जो गैस आसानी से द्रव हो जाती हैं उनके लिए क और ख का मान ०.००३६६ से बहुत भिन्न है। आदर्श गैसो के लिये क और ख का मान बिलकुल बराबर होना चाहिये। यह मान $\frac{१}{२७३.२} = ०.००३६६०४$ होता है। वास्तव मे कोई भी गैस पूर्णतः आदर्श नही है।

ऊपर हम बता चुके है कि

$$अ = अ_० (१ + कत)$$

जिसमे $क = \frac{१}{२७३}$ इस लिये अगर गैस ठडी की जाय,

यहाँ तक कि उसका तापक्रम $-\frac{१}{क} = -२७३^\circ$ श हो जाय तो गैस का आयतन कुछ नहीं रह जायगा। इस तापक्रम को निरपेक्ष शून्य कहते है। यह सच है कि गैस इस तापक्रम तक पहुंचने के पहले ही द्रव या ठोस हो जावेगी, और तब बायल और चार्ल्स के नियम का पालन न करेगा। पर तब भी निरपेक्ष-शून्य इस दृष्टि से बहुत ही महत्वपूर्ण है कि जैसा कि तापगति विज्ञान से स्पष्ट है कि इससे कम तापक्रम हो ही नहीं सकता।

विज्ञान मे तापक्रम बहुधा निरपेक्ष शून्य से नापा जाता है और इस मापको निरपेक्ष या केल्विन माप कहते है। इस पैमाने पर हिमांक $= २७३^\circ$क, क्थनांक $= ३७३$ क और कोई तापक्रम $त^\circ$ श $= (२७३ + त)^\circ$ क, (क से केल्विन माप से तात्पर्य है।)

ऊपर हम बता चुके हैं कि

$$अ = अ_० (१ + कत)$$

$$= \frac{अ_०}{क}\left(\frac{१}{क} + त\right) = \frac{अ_०}{क} त_क$$

जहां $त_क = त + २७३ =$ तापक्रम निरपेक्ष या केल्विन मापपर

$$\therefore \quad \frac{अ}{अ_०} = \frac{त_क}{त_०}$$

$$\therefore \quad \frac{१}{क} = त_० \text{ हिमांक निरपेक्ष माप पर।}$$

$$\text{इसी तरह } \frac{अ_१}{अ_०} = \frac{त_{क_१}}{त_०}$$

$$\frac{अ_1}{अ} = \frac{त_{क_1}}{त_0}$$

अब हम इस प्रश्न का उत्तर निकालेंगे कि—अगर किसी गैस का आयतन $अ_1$, दबाव $द_1$ और तापक्रम $त_{क_1}$ है तो बतावो कि उसका आयतन $द_1$ दबा और $त_{क_1}$ तापक्रम पर क्या होगा ?

मान लो कि उसका आयतन $= अ_2$ और अगर हम पहिले गैस का तापक्रम $त_{क_1}$ पर स्थिर रखते है और दबाव $द_2$ कर दें, तो बायल के नियम के अनुसार उसका आयतन

$$ग = \frac{द_1 \; अ_1}{द_2}$$

और फिर ग का तापक्रम भी $त_{क_1}$ से $त_{क_2}$ कर दे तो चार्ल्स नियम के अनुसार

$$\frac{ग}{त_{क_1}} = \frac{अ_2}{त_{क_2}} \; \ldots\ldots\ldots \; (१)$$

(१) (२) के मिलाने से

$$\frac{द_1 \; अ_1}{द_2} = \frac{अ_2 \; त_{क_1}}{त_{क_2}} \; \ldots \; \ldots \quad (२)$$

$$\text{या} \quad \frac{अ_1 \; द_1}{त_{क_1}} = \frac{अ_2 \; द_2}{त_{क_2}} \; \ldots \quad (३)$$

यही आदर्श गैस समीकरण है ।

इससे मालूम हुआ कि अगर गैस की मात्रा स्थिर रहे तो

$$\frac{अ_१ द_१}{त_{क_१}}$$ भी स्थिर रहता है।

इसका मूल्य निकालने के लिये हम इनको प्रमाणिक अवस्था पर लिखते है

$$\frac{अ_१ द_१}{त_{क_१}} = \frac{अ_० द_०}{त_{क_०}} = र'$$

हम यह जानते है कि हर गैस के ग्राम अणु का आयतन ०° श और ७६ श म पर २२·३ लीटर होता है इस लिये

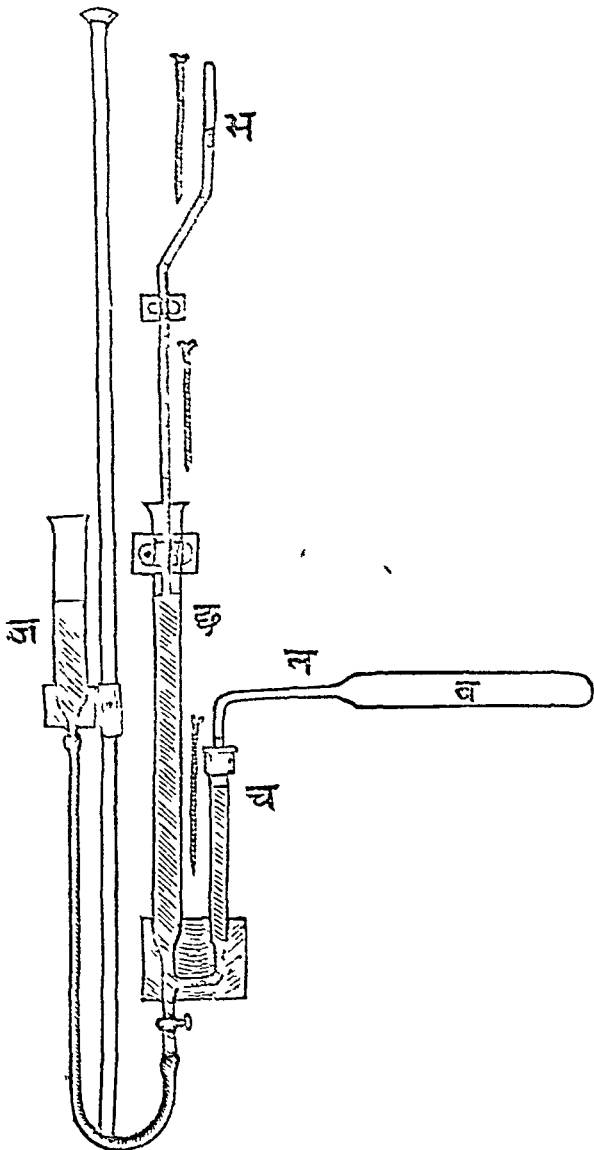
$$र = \frac{२२ ३ + १००० + ७६ + १३ ६ + ९८०}{२७३}$$

$$८ ३ + १०^{७} \text{ अर्ग}$$

[१३ ६ पारे का घनत्व है ९८१ = एक ग्राम का बोझ निरपेक्ष इकाई मे र को गैस स्थिरांक कहते है ।]

समीकरण (३) से यह प्रगट है कि अगर हम दबाव को स्थिर रखें तो तापक्रम के बढ़ाने से आयतन बढ़ता है। ऐसे यन्त्र से हम तापक्रम नाप सकते है। इसको स्थिर दवाव गैस तापमापक कहते है। अगर आयतन स्थिर रखा जाय और तापक्रम बढ़ाया जाय तो गैस का दबाव बढ़ता है। ऐसे यन्त्र से भी तापक्रम नाप सकते है। इसको स्थिर आयतन गैस तापमापक कहते है।

बहुधा स्थिर आयतन गैस तापमापक काम मे लाया जाता है। यह स्थिरदवाव गैस तापमापक से बढ़ कर है क्योंकि स्थिर दवाव तापमापक मे कुछ गैस दवाव-मापक मे रहती है जिसका तापक्रम बल्ब के तापक्रम से भिन्न होता है और जितना बल्ब का तापक्रम अधिक होता है उतना ही गैस का आयतन भी अधिक होगा इस लिये शोधन भी बढ़ जाता है।

प्रामाणिक स्थिर आयतन उदजन तापमापक

चित्र ३०

चित्र ३० मे एक स्थिर आयतन उदजन तापमापक दिखलाया गया है। ब तापमापक का बल्ब है। यह १ मीटर लम्बा ३ ६ श.म. व्यास का है और परशैप्यम् इन्द्रम् संकर का बना है, न एक बहुत पतली नली एक मीटर लम्बाई की है जिसका दूसरा सिरा एक चौड़ी नली च मे चला जाता है। इस नली मे एक सूचक है। च, छ, ज तीनो आपस मे जुड़े हुये हैं और दबावमापक का काम करते हैं। ज को ऊपर नीचे हटा कर ऐसा ठीक किया जाता है कि च मे पारे की सतह सूचक को ठीक छूती है। म ब में म गैस का दबाव = ज और च मे पारे की सतह का अन्तर + हवा का बोझ। भ एक भारमापक है जिसकी नली टेढ़ी करदी गई है जिससे भ और च मे पारे की सतह एक ही सीधाई मे आजाय। इससे दूरदर्शक से सिर्फ दो सतहो को बिम्बित करना होता है। म और च तलमापक (Cathetometer) से दोनो सतहो की ऊँचाई का अन्तर आसानी से मालूम हो जाता है।

अगर किसी वस्तु का तापक्रम लेना हो तो बल्ब को उसमे डाल देते है और दबाव तलमापक से पढ़ लेते हैं फिर समीकरण (३) से

$$त_{क} = \frac{द}{द_{0}} \cdot त_{क_{0}}$$

$द_{0}$ पहले से ही मालूम कर लिया जाता है।

अभ्यास के लिये प्रश्न

१—गैसोका आयतन किन किन कारणोसे घट या बढ सकता है।

२—गैसोंका प्रसारगुणक कैसे निकालते हैं ?

३—गैसोका दबावगुणक क्या है ? इसे कैसे निकालते हैं ?

४—भिन्न भिन्न गैसोंके लिए प्रसारगुणक और दवावगुणक क्या है ?

५—स्थिरायतन तापमापक क्या है ? इससे क्या काम लेते हैं ?

६—यदि ०°श तापक्रम और ७६ शम. दवाव पर एक लीटर वायु का भार १.२९३ ग्राम हों तो ४०°श पर ७४ शम. दवाव पर इसका क्या बोझ होगा ?

७—यदि किसी स्थिर आयतन में १५° श पर किसी गैस का दवाव ७६० सम. है तो कितने तापक्रम पर उसका दवाव १५०० सम. हो जावेगा ?

८—निरपेक्ष शून्य किसे कहते हैं ?

९—प्रामाणिक स्थिर आयतन उदजन तापमापकका उपयोग बताओ।

११-गरमीकी मात्रा और आपेक्षिक ताप

प्रयोग १६—दो काचके गिलासोको तराजू के दो पलड़ों पर रखकर धड़ा बांध लीजिए। एकमे आध सेर ठंडा पानी डालिए और दूसरेमे ठीक उसी तोलका गरम पानी डालिए जिसका तापक्रम, मान लीजिए कि, ४०° श है। ठण्डे पानीका तापक्रम देखने पर २०° श मालूम हुआ। अब, ठण्डे पानीमे सारा गरम पानी उंडेलकर किसी लकड़ी से पानीको खूब हिला दीजिये और झटपट तापक्रम देखिए तो ३०° श के लगभग तापक्रम मिलेगा। इससे यह ठहरा कि आध सेर पानीको ३०°—२०° = १०° श गरम करनेकेलिये आध सेर गरम पानी ४०°—३०° = १०° श ठण्डा हुआ।

इस परीक्षामे कुछ गरमी तो गिलास ही ले लेता है जिससे ३०°ही से कम शायद २९° श तापक्रम मिलता है। अगर ठीक इसी तोलके बरतन और तापक्रमको लेकर इस परीक्षाको दुहरावे और गरम पानीमे ठंडा पानी उडेलकर देखे तो तापक्रम ३०° श से कुछ अधिक, शायद, ३१° श ठहरेगा। अब २९ और ३१ का औसत लेते है तो ३०°श आता है।

मोटी रीतिसे हम यह कह सकते हैं कि जितनी गरमी आध सेर पानी १०° श ठण्डा होनेमे देता है उतनी ही गरमी आध सेर पानीको १०° श गरम भी कर सकती है। इससे हम यह फल निकाल सकते है और जांचनेसे ठीक पाते हैं कि ढाई सेर (५ आधसेरा) पानीको १०°श गरम करने मे ५×१० अर्थात् ५० गुनी गरमी लगेगी।

ऐसे ही यदि पानीके बदले कोई दूसरा पदार्थ पारा लें तो पारेकेलिए भी सिद्ध होगा कि जितनी गरमी १ सेर पारेको १° श गरम करने मे लगती है उसकी दसगुनी गरमी १ सेर पारेको १०° श गरम करनेमे लगेगी, ५ सेर पारेको १०°श गरम करनेमे ५ गुनी और ५ सेरको १०° श गरम करनेमें ५० गुनी गरमी लगेगी।

आम तौरसे सभी कामोमे पानीके ही सहारे नाप बना करती है। जैसे एक घन शतांशमीटर पानीको जो भारीसे भारी अवस्थामें हो अर्थात् ४° श पर हो, तौलमें एक ग्राम मानते हैं। यह तौलकी इकाई बनी। वैज्ञानिक वस्तुतः इसी तौलको काममे भी लाते हैं। गरमीके परिमाणको नापने के लिए भी, जितनी गरमी एक ग्राम जल का तापक्रम १° शतांश बढ़ाती है उतनी गरमीको ही इकाई मानकर कलारी नाम रक्खा।

यह एक मोटा हिसाब है। असलमें जितनी गरमी २०°श से २१°श तक गरम करनेकेलिए चाहिए उतनी ही १०°श से ११°श तक गरम करने को नहीं चाहिए। वैज्ञानिक व्यवहारमें तीन तरहकी इकाइया काममें आती है।

(१) शून्य कलारी—जितनी गरमी पानी०°शसे१°श तक गरम करनेको आवश्यकता हो (२) प्रयोगशाला कलारी—जितनी गरमी १ ग्राम पानीको १५°श से १६° श तक गरम करनेमे लगे, (३) मध्यम कलारी १ ग्राम पानीको ०°शसे १००° तक गरम करने के लिए जितनी गरमी चाहिए उसका सौवां हिस्सा। इस पुस्तकमे तीसरी कलारीपर विचार हुआ है।

इस तरह १ कलारी गरमी परिमाणमे उतनी गरमी है जिससे १ ग्राम जलका तापक्रम १°श वढ़ाया जा सके।

यह इकाई वन गई, परन्तु नापें कैसे? बाट वन जाने से काम पूरा नही होता. तौलनेको तराजू भी तो चाहिये। सो इस इकाईसे गरमीका परिमाण नापनेको यत्र वनाये गये है जिन्हे कलारी मापक कहते हैं।

प्रयोग १७—मान लोजिये कि हमने १६°श तक ठण्डे किये हुए आधसेर पानीमे १००°श तक गरम सीसेके आधसेर के टुकड़ेको डाल कर ख़ूब हिलाया। जलका तापक्रम देखने से १८॥° श ठहरा। अर्थात् आधसेर जलके १८॥—१६=२॥°श ताप पहुचानेमे आधसेर सीसेको १००—१८॥=८१॥°श तापक्रम घटना वा खोना पड़ा।

इससे हम तुरन्त कह सकते है कि पानीकी अपेक्षा सीसेमे गरमी कम ही मात्रामे रहकर ऊंचा तापक्रम रख सकती है और दूसरी धातुओकी भी ऐसी ही परीक्षा करनेसे पता चलता है कि एक ही तोल और तापक्रम के भिन्न भिन्न पदार्थोंमे गरमीकी मात्रा भिन्न भिन्न होगी।

पानीकी अपेक्षा सीसेमे गरमीकी मात्रा कितनी रह सकती है, इसका हिसाब ऊपरवाले उदाहरणसे जिसमे तौल बराबर आधसेर ही ली गयी है, यों हो सकता है—

पानीको २॥°श गरम करनेमे सीसा ८१॥°श घटता है

अत ,, १°श ,, ,, ,, $\frac{\text{८१॥}}{\text{२॥}}$°श ,,

या ,, १°श ,, ,, ,, ,, ३२$\frac{\text{३}}{\text{५}}$° श ,,

अथवा, जितनी गरमी देकर आधसेर पानी १°श गरम किया जा सकता है उतनी गरमीसे आधसेर सीसा ३२$\frac{\text{३}}{\text{५}}$°श गरम किया जा सकता है। यदि हम केवल १°श ताप बढ़ाना चाहे तो उस गरमीका $\frac{\text{१}}{\text{३२}\frac{\text{३}}{\text{५}}}$ वां भाग, वा ·०३ ही मात्राकी गरमी देनी होगी।

इस तरह सीसेमें पानी की अपेक्षा गरमी की समाई ०·०३ ठहरी।

इसी तरह और पदार्थोंकी गरमीकी समाई निकाली जा सकती है।

पानीकी अपेक्षा गरमीकी समाईको आपेक्षिक ताप कहते हैं। यदि हम किसी पदार्थकी गरमीकी समाईवाले अंकको जलकी समाईवाले अंकसे भाग दें तो उस पदार्थका आपेक्षिक ताप निकल आवेगा।

परीक्षासे मालूम हुआ है कि जितनी गरमी आधसेर पानी को १°श गरम करेगी, उतनी गरमीसे ५ सेर जस्ता, ५॥ सेर तांबा, ८ सेर चांदी, और २॥ सेर कांच १° श गरम कर सकते है। इस तरह हरेकमें पानीकी अपेक्षा गरमी की समाई

य. आपेक्षिक ताप क्रमशः $\frac{१}{१०}$, $\frac{१}{११}$, $\frac{१}{१६}$ और $\frac{१}{५}$ हुई।

किसी पदार्थके आपेक्षिक तापकी परिभाषा दूसरे शब्दोंमे इस प्रकार भी कर सकते हैं—

$$\text{आपेक्षिक ताप} = \frac{\text{उसी पदार्थकी नियत मात्राको एक नियत तापक्रमसे दूसरे नियत तापक्रम तक गरम करनेके लिए जो गरमी लगे।}}{\text{पानीकी इसीके बराबर मात्राको इतनेही दरजे गरम करनेके लिए जितनी गरमी लगे।}}$$

अथवा, किसी पदार्थके ग ग्राम त°श तापक्रमपर लेकर ता °श तापक्रमतक गरम करनेके लिए जितनी गरमी चाहिये वह बराबर है उस गुणनफलके जो प्राप्त होता है यदि इस पदार्थके आपेक्षिक तापको उस गरमीसे गुणा करें जो ग ग्राम पानीको त°श से ता °श तक गरम करनेमें लगे।

अब

१ ग्राम पानी १°श गरम करनेकेलिए चाहिये १ कलारी

ग ग्राम पानी १°श गरम करनेकेलिए चाहिये ग कलारी

ग ग्राम पानी (ता-त)°श गरम करनेकेलिए चाहिए ग (ता – त) कलारी।

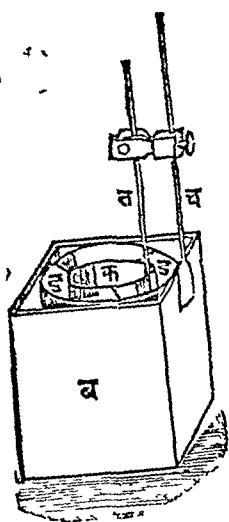
इसलिए किसी पदार्थके ग ग्रामको (ता – त)°श गरम करनेकेलिए गरमी बराबर होगी, ग (ता – त) × आपेक्षिक ताप।

इसको यों लिखते है—

गरमी = ग (ता – त) स, जहाँ स से पदार्थका आपेक्षिकताप सूचित किया जाता है।

किसी पदार्थकी वस्तुको एक तापक्रमसे दूसरे तापक्रम तक गरम करनेमें कितनी गरमी लगी है यह जानना हो तो उस पदार्थका आपेक्षिक ताप निकालकर उपर्युक्त समीकरण की सहायतासे मालूम कर सकते हैं। आपेक्षिक ताप कलारी-मापक यन्त्रकी सहायतासे निकाल सकते है।

कलारी-मापक बहुत सरल यन्त्र है। एक तांबेका बेलनाकार गिलास ५ इंच लम्बा २ इंच व्यासवाला होता है जिसके मुंहपर एक लकड़ीका ढकना लगा होता है। इस ढकनेमें दो छेद रहते है, एकमेसे तापमापक और दूसरेमेंसे तांबेकी मथनी पहना देते है। कलारीमापक एक लकड़ीके बकसमे टांग रखते है जिससे प्रयोग करते समय कलारीमापकको हवा न लग सके। कभी कभी बकसके भीतर कलारीमापकको रुई या फ़ेल्ट से लपेट देते हैं जिससे मापकमेसे गरमी न भाग सके और न बाहरकी गरमी मापकतक पहुँच सके।

चित्र २१

चित्र २१ मे ब लकडी का बकस, क कलारी मापक; ड कलारीमापकसे बडा बेलनाकार गिलास जिसमें कलारीमापक डोरोके सहारे लटका दिया जाता है; त तापमापक है।

प्रयोग १८—कलारीमापकको पहले खाली तोला और फिर थोड़ा पानी भरके तोल लिया। दोनो तोलोके भेदसे पानी की तोल ग ग्राम मालूम हुई। तापमापकसे पानी का तापक्रम

त°श देख लिया। ताबेके एक ख ग्राम तोलवाले टुकडेको भापमे ट°श तक गरम करके कलारीमापकमे छोड़ दिया। ठोस वस्तुओके गरम करनेवाला यन्त्र चित्र ३२ मे दिया जाता है। त एक दोहरी दीवालवाला चोगा है जिसकी क पोल है और बाहरी दीवालमे दो नलियां लगा दी जाती हैं। ऊपर वाली नली न मेसे भाप पोलमे भेजी जाती है और यह भाप नीचेकी नलीसे बाहर निकलती है। चोंगेकी खोखली स मे ठोस वस्तुका टुकड़ा डोरेसे लटका दिया जाता है और एक तापमापक त भी इसीके पास रहता है। टुकड़ा पानी को गरम कर देगा।

चित्र ३२

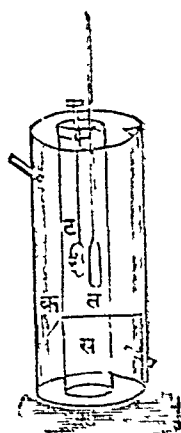
तांबेके टुकड़ेको कलारी-मापकमे डालनेसे टुकड़े, पानी और कलारीमापकका तापक्रम समान हो जायगा। मथनीसे हिलाकर झट तापमापक से तापक्रम ठ°श देख लिया।

टुकड़ेसे जो गरमी निकली उसने पानी को गरम किया। टुकड़ेसे जो गरमी निकली वह है, स (ट — ठ) ख कलारी। पानीने गरम होनेमे जो गरमी ली वह है ग (ठ — त)।

$$\text{इसलिए}\quad स = \frac{ग\,(ठ - त)}{(ट - ठ)\,ख}\,।$$

कलारीमापकने भी कुछ गरमी ली पर वह यहां पर हिसावमे नही ली गयी है।

कलारीमापकने भी जो कुछ गरमी ले ली है, उसको ध्यानमे रखते हुए इस प्रकार गणनाकी जासकती है।

यदि कलारीमापक और टारक की तौल क है और इनका

आपेक्षिक ताप स२ है तो इनकी ताप समाई=क स२ और इनको कलारीमापकका जल-तुल्यांक भी कहते हैं जो पानीकी वह तौल है कि उतनी गरमी जिसका तापक्रम 1° बढ़ा देती है जितनी कि कलारीमापक का 1° बढ़ाती है। ऊपरवाला समीकरण इस प्रकार बदल जाता है:—

खस (ट − ठ) = ग (ठ − त) + कस२ (ठ − त)

पदार्थों के आपेक्षिक ताप*

जल	१०००	चांदी	०६३
जस्ता	०९५	कांच	१८२
तांबा	०९१	लोहा	११४

इन सब पदार्थोंमे जलका आपेक्षिक ताप सबसे अधिक है या यो केहिये कि इन सब पदार्थोंकी अपेक्षा गरमी को समाई पानीमे ही सबसे ज्यादा दीखती है। यही बात है कि पृथ्वी की गरमीको बहुत कुछ रक्षा पानीके द्वारा होती जाती है और टापुओंमे प्रायः ऋतुओंमे बहुत ऊँचा नीचा परिवर्तन नही होता।

ऊपर जो विधि बताई गई है उसे मिश्रण विधि कहते है। इसमे बहुतसी त्रुटियोंकी सम्भावना है। तांबेका टुकड़ा गरम करने वाले मे से निकालने के बाद कलारीमापकमे डालनेके पहले ही कुछ ठंडा होने लगता है। जब कलारीमापकका तापक्रम अपने घेरे के तापक्रमसे अधिक हो जाता है तो इसकी कुछ गरमी

*ऊपर दिये हुए प्रयोग से निकाले जाने के कारण यह मोटा हिसाब है। बहुतेरी गरमी बरतनों के गरम करने में भी लग जाती है, उसका हिसाब भी यहा छोड दिया गया है। बिलकुल ठीक ठीक नापने के उपाय बड़े ग्रन्थों मे दिये जायंगे।

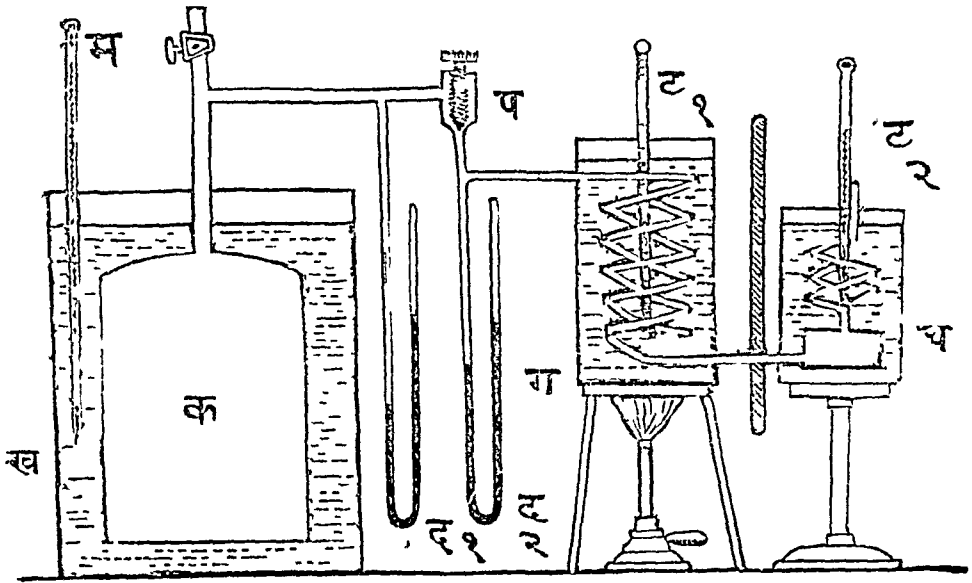
चलन और विकिरण द्वारा बाहर चली जाती है। चलन से निकलने वाली गरमी कम करने के लिये गरम करने वालेके नीचे कलारीमापकको लाते है और गरम करने वालेके नीचेकी डाट निकालकर ठोस तांबेको गिरा देते है। विकिरणसे जो गरमी निकलतीहै उसको मालूम कर लेते हैं। इसको मालूम करनेकी विधि बादमे बतायी जायगी।

द्रवका आपेक्षिक ताप

अगर उस द्रवकी पानी से कोई रासायनिक प्रक्रिया न हो तो उसे साधारण तरहसे गर्म पानीसे मिलाकर उसका आपेक्षिक ताप निकाला जा सकता है। ऊपर दिये हुए तरीके से भी हम निकाल सकते है अगर हमे उस ठोस चीजका आपेक्षिक ताप मालूम हो या उस द्रवको ऐसे द्रवसे मिलावें जिनकी कोई रासा-निक प्रक्रिया न हो और उसका आपेक्षिक ताप मालूम हो या पानी ही इस्तेमाल करें और अगर पानी से कोई रासायनिक प्रक्रिया हो तो उस द्रवको एक बर्तनमे रखकर पानीमे रक्खें।

गैसका आपेक्षिक ताप

गैसमे मे दो प्रकारका आपेक्षिक ताप होता है। एक तो आ-पेक्षिक ताप जब गैसका आयतन स्थिर रहे, $स_{अ}$ और दूसरा जब गैसका दबाव स्थिर रहे, $स_{द}$। ठोस और द्रवके लिये इन दोनोमे बहुत कम अन्तर है लेकिन गैसके लिये म ($स_{द} - स_{अ}$) = १'९८६ कलारी जैसा कि बाद मे बतलाया जावेगा। म गैसका अणुभार है।

$स_द$ के निकालने की रीति

चित्र ३३

चित्र ३३ में रेनो का यंत्र दिखलाया गया है, क गैस की टंकी है जिसमें गैस ५० या १०० वातावरणके दबाव मे भरा है। ख मे पानी है जिनका तापक्रम बिलकुल स्थिर रखते है। इसको तापस्थक (theremostat) कहते हैं। क इसमे डबो कर रखा जाता है द१ से इस गैस का दबाव नापा जाता है। पहिले बहुतसे प्रयोग करते है जिससे यह जान लेते हैं कि किसी स्थिर तापक्रम पर उस गैस की मात्रा और उसके दबाव मे क्या सम्बन्ध है। फिर बाद मे दबाव देख लेने से क के अन्दर की गैस की मात्रा निकल आवेगी।

प एक पेंच है, जिससे गैस का बहना कम और ज़्यादा कर सकते हैं। इससे ऐसा ठीक करत रहते है कि गैस का दबाव जैसा

$द_२$ मे मालूम होता है, स्थिर रहे। जब गैस का दबाव कम होने लगता है तो पेच को ज्यादा खोल देते है। फिर गैस सर्पिल के द्वारा ग, ध मे से होकर हवा मे जा मिलता है। ग मे तेल गरम किया जाता है और इसका तापक्रम बिलकुल स्थिर रखते है। ध कलारी मापक है जिसका तापक्रम एक तापमापक द्वारा पढ़ा जा सकता है। मान लो कि ग का तापक्रम $त_१$ है और ध का तापक्रम प्रयोग के शुरू मे $त_२$ है। गैस बहने के बाद ध का तापक्रम बढ़ कर $त_३$ हो जायेगा। शुरू मे तो गैस $त_१^\circ$ से $त_२^\circ$ तक ठण्डी हुई और आखिर में $त_१^\circ$ से $त_३^\circ$ तक। बस हम यह मान सकते है कि गैस $त_१^\circ$ से औसत तापक्रम $\frac{१}{२}(त_२ + त_३)$ तक ठण्डी हुई। गैस का आपेक्षिक ताप $स_द$ नीचे लिखे हुये समीकरण से निकाला जा सकता है:—

$$व\ स_द \left(त_१ - \frac{त_२ + त_३}{२} \right) = द\ (त_३ - त_२)$$ जब कि

व उस गैस की मात्रा जो ध द्वारा प्रयोग करते समय निकल गई द ध का कलारीमापक का जल तुल्यांक है। यह प्रयोग बहुत समय तक जारी रहता है, इस वजह से गरमी की हानि चलन और विकिरण से अधिक होती है और प्रयोग मे २ या ३ % की गलती हो जाती है।

डूलोंग और पेटीट का नियम—डूलोग और पेटीटने यह देखा कि अगर किसी ठोस तत्वके लिये आपेक्षिक ताप × परमाणु-भार निकाला जाय तो यह गुणनफल ६'४ आता है। बस उन्होने यह नियम सिद्ध कर लिया कि हर एक तत्वके परमाणुओ की ताप समाई बराबर है। इसको डूलोग और पेटीट का नियम कहते हैं।

इस बात को सिद्ध करने के लिये सारिणी दी जाती है,

तत्व	आपेक्षिक ताप	परमाणु भार	परमाणु ताप
चांदी	०.०५७०	१०७.९	६.१६
तांबा	०.०९४९	६३.६	६.०४
लोहा	०.११३८	५५.९	६.३६
सीसा	०.०३१४	२०७	६.५०
पररौप्यम्	०.०३२५	१९५.२	६.३६
दस्तम्	०.०९५६	६५.४	६.२५
वंगम्	०.०५४८	११९	६.५३

नीचे दी हुई सारिणी मे कुछ गैसों का आणविक ताप (अणुभार + आपेक्षिक ताप $^{स}{}_{द}$) १५° श और ७६० सम. दबाव पर दिया जाता है।

	अणु ताप
उद्जन	६.८६
ओषजन	५.०४
हवा	६.१४
नोपजन	६.९३

अभ्यास के लिये प्रश्न

१—गरमीकी इकाईसे अभिप्राय क्या है? कलारी किसे कहते है?

२—१२°श वाले ५॥ सेर पानीके साथ ६°श वाले २॥ सेर पानीके मिलानेपर तापक्रम क्या होगा? [उ० ४.५°श]

३—१५°शवाले ५ सेर पानीको हमने ८०°श वाले दो सेर पानीमे मिला दिया। तापक्रम क्या होगा? [उ० ३३$\frac{४}{७}$°श]

४—गरमी की समाई किसे कहते है ?

५—आपेक्षिक ताप क्या है ? उदाहरण दीजिये । कहते है कि पानी का आपेक्षिक ताप पारेसे तीस गुना है, इसका मतलब समझाइए ।

६—५० तोला तांबा जो ८०°श तापक्रम पर है, १५°श तापक्रमके ५७ तोले पानीमे डाला गया । मिलानेपर तापक्रम २०°श ठहरा । तांबे का आपेक्षिक ताप बतलाइये । आधमेरवाली इकाईसे ५० तोले तांबेमें गरमीकी समाई कितनी हुई ? [उ० ०९५]

७—८ छटाक जस्ता, जो ९५°श पर है, १५°श वाले २० छटाक पानीमें डालकर खूब हिलाया तो तापक्रम १८°श ठहरा। जस्तेका आपेक्षिक ताप क्या है ? [उ० ०९७]

८—ताप या गरमी और तापक्रममें क्या भेद है ?

९—द्रव और गैसों का आपेक्षिक ताप किस प्रकार निकाला जा सकता है ? गैसोमे दो तरहका आपेक्षिक ताप होता है, इससे क्या तात्पर्य्य है।

१०—अणुताप किसे कहते है ? डूलोग और पेटीटका क्या नियम है ?

१२—गुप्तताप

यः सभी ठोस चीजें गरमीसे पिघलकर द्रव और द्रव चीजें उड़कर वायुवत् या गैस हो जाती है । कुछ वस्तुए ऐसी भी है जो गरमीसे ठोस दशाको छोड़ तुरन्त वायुवत् होजाती है जैसे कपूर, नफथलीन आदि । परन्तु आज हम केवल पानीकी अवस्थाके परिवर्तन पर विचार करेगे क्योकि कई बातें जिनका वर्णन करना हम आवश्यक समझते है इसी परिवर्तन पर निर्भर है ।

बराबर गरम करते जायँ तो पानी उबलने लगता है और भाप बन जाती है। बहुधा लोग यह समझते हैं कि भाप वही चीज़ है जो पतीलीके ऊपरसे सफेद सफेद धुएंसी दिखाई पड़ती है, परन्तु यह भूल है। भाप तो हवा की नाईं अदृश्य पदार्थ है। धुएंके समान निकलती हुई वस्तु भापकी दशामे नही है वरन् पानीके नन्हे नन्हे सीकर है जो ठंडक पाकर भापके जमनेसे बनते है।

प्रयोग १९——इसको जांच यो कर सकते है। एक गोल तलीवाली कॉच की अगिया कुप्पीमें एक ऐसा काग लगाओ जिसमे एक छेद हो और एक झुकी नली लगी हो। इस कुप्पीमे आधी दूर जल भरकर खौलाओ तो एक तमाशा देखनेमे आयेगा। यद्यपि नलीके मुहंपर सुन्दरधुआँ ऐसा दीखता है परन्तु नलीके भीतर तथा कुप्पीमें पानीके ऊपर वह धुआँ नही दीखता (चित्र ७)। यदि भाप दीखती तो निश्चय ही यह कुप्पीके भीतर भी दीखती क्योंकि यह वहीसे बाहर आती है।

प्रयोग २०——अब इसी कागमे एक और छेद करके उस में एक तापमापक लगादे तो एक अजब बात यह मालूम होगी कि यन्त्रका पारा अधिकसे अधिक १००°श चिह्न तक पहुंचकर रुक जायगा और आगे तब तक कभी न बढ़ेगा जब तक सारा जल उबलकर भाप न बन जाय।

इसका कारण क्या है? पारा आगे नही चढ़ता? पानीको जो बराबर इतनी गरमी पहुंचायी जारही है वह क्या होती जाती है? क्या इतनी सारी गरमी नष्ट होती जा रही है? यह समझना ठीक न होगा, क्योंकि पानीका उबलता रहना या भापका बनता रहना

आँच पर ही निर्भर है। यहाँ पानीका आयतन जितना बढना था बढ़ चुका। तापक्रम जितना बढ़ना था बढ चुका। यह दोनो अब रुके हुए हैं, फिर गरमी काम क्या कर रही है? अवस्था मे परिवर्त्तन। पानी जो द्रव था अब गैस वायव्य पदार्थ बनता जाता है। गरमी इसी काम मे लग रही है और आप ऐसी अवस्था को पहुंचती जा रही है जिसमे वह तापमापकसे नही मालूम होती। मानो हमारी तापमापक रूपी आँखोसे अदृश्य होती जा रही है।

१००°श पर खौलते पानीको १००°श पर ही भाप बनानेको बहुतसी गरमी या आँच लगा देनी पडती है। अर्थात् यह सब आँच या गरमी भाप बनाने मे गुप्त हो जाती है। इसी तरह बरफ ०°श पर होती है। एक बर्तनमे लेकर उसे आँच देकर गलाने लगें तो गलकर जो पानी बनेगा वह भी तब तक ०°शसे आगे न बढ़ेगा जब तक सारी बरफ न गल जाय। इस तरह ठोस दशासे द्रव दशामे लानेमे गरमी जो गुप्त हो जाती है उसे पिघलानेमे गुप्त हो जाने वाली गरमी कहेगे। ऊपर कही हुई बात थोड़ेसे शब्दो मे यों लिखी जा सकती है—

दृढ़ वा ठोस + गुप्त गरमी = द्रव पदार्थ

द्रव + गुप्त गरमी = वायव्य पदार्थ

गरमी अगर सचमुच ऐसी दो अवस्थाओमे रह सकती है जिनमे एक तो तापमापकसे जानी जा सकती है, छूनेसे मालूम हो सकती है, और दूसरी इस तरह नही जानी जा सकती तो हमे अपने देशके महाकवि महात्मा तुलसीदासजीके शब्दो मे।

एक दारुगत देखिए एकू। पावक युग सम ब्रह्म बिबेकू॥

दो तरहकी गरमी माननी पड़ेगी, एक तो प्रकट और दूसरी

गुप्त। प्रकट गरमीका दरजा ही तापमापकसे मालूम होता है। इससे अधिक काम तापमापकसे नही ले सकते।

जिस यंत्रसे हम किसी बहते पानीकी ऊँचाई वा धरातल नापते है उसी यंत्रसे यह नही बता सकते कि तालावमे कितने घड़े पानी है? इसके लिए हमे और उपाय करने होगे, नपना बनाना होगा। विना किसी नापके प्रकट वा गुप्त कोई गरमी नापी नहीं जा सकती। हमको कलारी और कलारीमापकसे काम लेना होगा, जिनका वर्णन अध्याय ११ मे हो चुका है।

एक ग्राम पानीको भाप बनानेकेलिए ५३६ कलारी गरमी चाहिये। इसी तरह एक ग्राम बरफको ५° श पर पानी बनाने-मे ८० कलारी गरमी पहुंचानी पड़ती है। हम अभी कह आये हैं कि यह गरमी गुप्त होती है परन्तु ज्योंही भापसे पानी बनाया जायगा फिर वही गरमी प्रकट हो जायगी। भापको ठण्डे पानीमे डालिए तो जमकर पानी बन जायगा। साथही ठण्डे पानीको भी बहुत गरम बना देगा। भाप बनानेके लिए पानी को ग्राम पीछे ५३६ कलारी आंच मिली थी। जब वह भाप जमकर पानी बनती है अपनी ली हुई ५३६ कलारी आंच लौटा देती है।

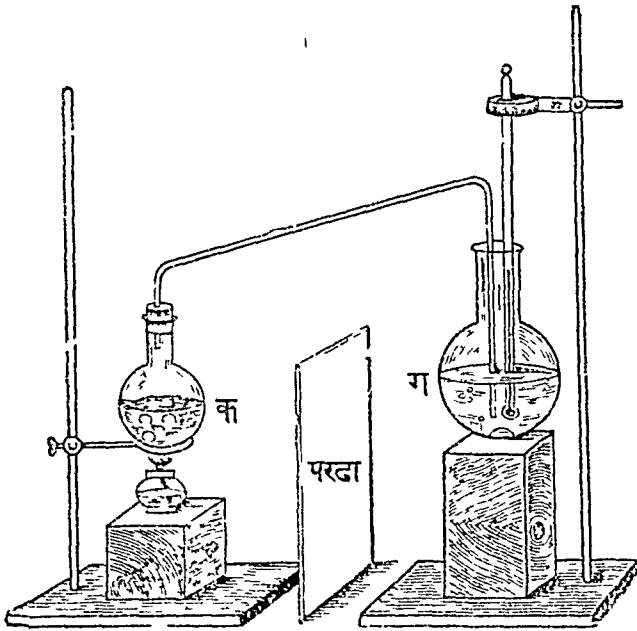
प्रयोग २१—एक तुले हुए गिलासमे पाव सेरके लगभग गरम पानी लीजिये। मान लीजिए कि यह १००° श पर है। इसे तौलिये। इसकी तौलसे गिलासकी तौल घटायी तो पानीकी ठीक तौल मालूम हुई। अब इसमें कुछ बरफके टुकड़े डालकर हिलाते रहिये। जब सब गल जाय तो तापक्रम देख लीजिये। फिर तौलनेसे जो तौल बढ़ी वही बरफकी तौल हुई! मान

लीजिये कि छटांक बरफने गलकर तापक्रम ६४° कर दिया। अर्थात् १००—६४=३६°श पानीको ठण्डा किया जिसमे (पहलेकी तरह आधसेरकी इकाई मानकर $\frac{१}{२}$ × ३६ = १८ इकाई) गरमी लगी।

इस १८ इकाई गरमीने दो काम किये—१ छटांक बरफको ०° श से गलाकर ०° श का पानी बनाया और ०°शसे ६४°श तक उस छटांक पानीको गरम किया। इस दूसरे काममे [छटांक=आधसेरका अष्टांश] $\frac{१}{८}$ × ६४ = ८ इकाई गरमीने छटांक बरफको ०°शसे गलाकर ०°श का पानी बनाया। जब छटांककेलिए १० इकाई गरमी काममे आयी तो ८ छटाक=आधसेरकेलिए ८० इकाई काममे आयेगी। हमने आधसेर पानीको इकाई माना है। अगर आधसेरकी जगह १ ग्राम लें तो ८० कलारी हुई। बरफसे पानी या पानीसे बरफ बननेमे इस तरह ८० इकाई गर्मी गुप्त या प्रकट होती है। इसे बरफका गुप्त ताप कहते है।

जब ठोस या दृढ़ पदार्थ द्रवमे घुलता है तो द्रव दशामे हो जाता है। द्रव दशामें होनेकेलिए बहुत सी गरमी गुप्त कर लेता है। शोरा या नौसादर पानीमे घुलाइये तो पानी, घोल, अत्यत ठण्डा हो जाता है। बरफके साथ नमक, शोरा या नौसादर मिलनेसे ०°श से कई अश नीचेकी ठण्डक हो जाती है। ऐसे ही मिश्रणमे कुलफियां डालकर दूध या मलाई जमाते है।

प्रयोग २२—भापका गुप्त ताप निकालनेको विशेष यन्त्र बनानेकी आवश्यकता होती है। इसे स्थूल रीतिसे यो बनाते है।

चित्र ३४ के अनुसार कांचकी एक पावसेरी कुप्पी क में काग और कांचकी ऐसी झुकी नली लगा दो जैसी ❀ चित्रमे दिखाई गयी है, इस नलीका दूसरा सिरा अधसेरी कुप्पी ग मे डूबता है। ग के स्थानपर प्रायः कलारीमापक यंत्र रखते हैं जिससे गरमीकी मात्रा बिलकुल ठीक नापी जा सके। ग कुप्पीमे तीन चौथाई भाग पानी है। ग कुप्पीको पहले खाली

चित्र ३४

फिर तीन चौथाई पानी भरकर तोलनेसे और दूसरीसे पहली तोलको घटा देनेसे उसके पानीकी तोल मालूम होगई। दोनो

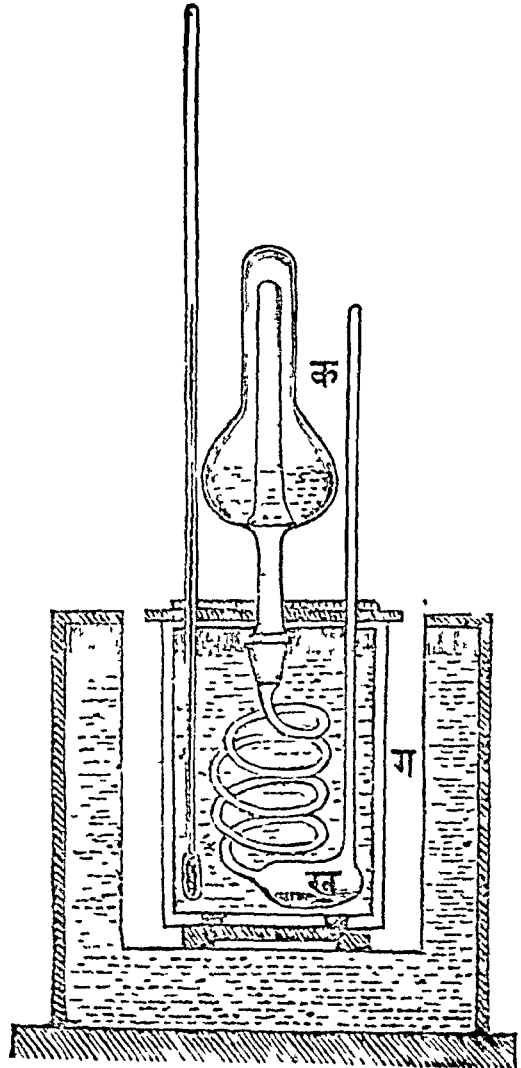
❀यदि इतनी लम्बी और चित्रजैसी झुकी हुई नली न मिल सके तो दो नलियोंको झुकाकर रबड़ की नलीसे जोडकर चित्र जैसी नली बनाई जा सकती है।

कुप्पियोंके बीच एक काठका परदा लगा दिया कि ग को आंच न लगे। अब क के पानीको खौलाया। जब नलीके सिरेसे भाप निकलने लगे, उस समय ग कुप्पीके जलका तापक्रम देखकर इस सिरे को ग मे डुबो दिया। भाप ज्यों ज्यों पानीमे घुलती है, पानी गरम होता जाता है। चार पांच मिनट-पर नलीको निकाल लिया। तुरन्त हिलाकर तापक्रम देख लिया और पानी समेत कुप्पी ग फिर तोली, जिससे उस भापकी तोल भी मालूम हुई जो ग मे पानी बन गयी है।

इसी तरहकी एक परीक्षामे ग मे ४०० ग्राम पानी पहले २५°श पर था और परीक्षाके अन्तमे ४०°श तापक्रमपर १० ग्राम अधिक तौलमें पाया गया। इसलिए ४०० ग्राम पानी को ४०°–२५° = १५°श गरम करनेमे ४०० × १५ = ६००० कलारी गरमी लगी। और यह गरमी १००°श वाली १० ग्राम भापसे मिली, जिसने दो काम किये, एक तो १००°श की भापसे १००°श का पानी बनाया और दूसरे १००–४० = ६०°श ठण्डा होकर ६० × १० = ६०० कलारी गरमी ग कुप्पीके पानीको दी। जो ६०० क गरमी उसने इस तरह दी उसे कुल ६००० क से घटाया तो ५४०० क गरमी अवश्य १० ग्राम भापसे पानी होनेमे मिली। इसलिए १००°श की भाप १००°श के पानी बनानेमे प्रति ग्राम $\frac{५४००}{१०}$ अर्थात् ५४० क गरमी मिली। बिल्कुल ठीक रीतिसे ५३६ क होती है। इस लिये भाप का गुप्त ताप ५३६ क प्रति ग्राम है। (क = कलारी)

ऊपर दिये हुए यंत्र से गुप्तताप निकालने मे कुछ गलती की सम्भावना है। भाप का कुछ भाग नली ही मे पानी बन जाता है और वह भी दूसरे बर्तनमे चला जाता है। लेकिन १००°का पानी

१००°की भापसे कम गर्मी देगा। इसलिये परिणाममे गलती होगी। इसको दूर करनेके लिये बर्थेलोका यंत्र जो नीचे चित्रमें दिखाया गया है इस्तेमाल किया जाता है।

क एक ऐसा बर्तन है जिसका ऊपरका भाग बन्द है और उसकी पेंदीमेंसे एक नली निकलकर ख से जुड़ी होती है। क को नीचेसे गरम करते है। भाप नली द्वारा ख मे आती है और यहाँ द्रव हो जाती है। ख एक मामूली कलारी मापकमे डुबा कर रखा जाता है। भाप कलारी मापकमे पहुँचनेसे पहले द्रव नहीं होने पाती क्योंकि इसको गरम पानीके बीचमेंसे होकर जाना पड़ता है और जो भाप द्रव होकर पानी हो जाती है वह फिर पानीकी गरमीसे भाप बन जाती है। ख को प्रयोगके आरम्भ और अन्तमे तौल लेते हैं। इससे भापकी मात्रा मालूम हो जायगी। कलारीमापक के तापक्रममे जो अधिकता

चित्र ३५

हो जाती है वह भी देख लिया जाता है। बस अगर कलारी-मापक और नलीका जल तुल्यांक मालूम हो तो जिस प्रकार ऊपर बताया गया है उसी प्रकार हिसाब करके भापका गुप्त ताप निकाल सकते है।

इन परीक्षाओंसे यह न समझ लेना चाहिये कि १००°श के नीचे भाप नही हो सकती। द्रव सदैव कुछ न कुछ भाप फेंकताही रहता है। इसीसे हवामे भापभी मिलीही रहती है। हवामे जितनी ज्यादा गरमी होगी उतनी अधिक भाप रहेगी। हवा ठण्ढी होने पर, यही भाप जमकर ओसकी बूंद बनकर गिरती है। ऐसी दशामे हवा नमीसे भरी हुई होती है, अधिक भापको रख नहीं सकती। मेघ, बरसात आदि का वर्णन आगे दिया जायगा।

पानी या और द्रव पदार्थोंकी भाप सदा बनती रहती है। किसी बरतनमे पानी रख दिया जाय तो धीरे धीरे उड़ जाता है, जिसे सूख जाना कहते हैं। बात यह है कि भाप धीरे धीरे बनती है और केवल ऊपरके तलपर ही बनती है, परन्तु उबलते हुए पानीमे भाप जल्दी जल्दी बनती जाती है और नीचेसे बनकर जो ऊपरको बेगसे आती है उसे ही कहते है कि पानी खौलता है। भाप चाहे उबलनेसे बने चाहे सूखनेसे बने, चाहे जिस तरह बने पर हर एक ग्राम पानीके भाप बननेमे ५३६ कलारी गरमी प्रकटसे गुप्त हो जाती है। पानी उबलकर भाप बनता है तो इतनी गरमी अग्निसे लेता है, और जब सूखकर भाप बनता है तो हवा बरतन आदि अपने पासकी वस्तुओंसे ले लेता है। यही बात है कि स्पिरिट, शराबका तत्व अलकुहल, ईथर आदि उड़कर झटपट भाप बन जानेवाले किसी पदार्थको हाथपर लें तो बहुत ठण्डा लगता है।

अब यह भी सहज ही समझमे आएगा कि गरमीमे सुराही का पानी ठण्डा क्यो रहता है। मिट्टीकी सुराही छेदीला या मसामदार बरतन है। इसमे इतने बारीक बारीक छेद चारों ओर होते हैं कि दिखाई तो नही देते पर पानी रस रसकर उनमेंसे निकलता रहता है। इस तरह पानीको भाप बनकर उड़नेको बहुत विस्तृत ऊपरी तल मिल जाता है। और ऊपरी तलका जितना ही विस्तार होगा उतना ही अधिक द्रव भाप बनकर उड़ेगा। एक पतले मुंहकी शीशी और थालीमे साथ ही समान आयतनका पानी रक्खें तो थालीका पानी जल्द सूख जाता है। सो, सुराहीका पानी बराबर अधिक अधिक सूखता रहता है और इस तरह बहुत सी गरमीको अपने चारो ओर-से खींचता रहता है। सबसे ज्यादा पास होनेसे सबसे अधिक गरमी यह सुराहीके जलसे ही लेकर भाप बनता है। इसी तरह थोड़ा पानी उड़ाकर सुराहीका बाकी पानी ठण्डा हो जाता है। पसीना होनेपर जब हमे हवा लगती है तो इसीलिए ठण्डा लगता है कि पसीनेका पानी भाप बनने लगता है और इसकेलिए हमारे शरीरसे गरमी लेने लगता है।

कभी पानी ठण्डा करना हो और सुराही न हो तो एक अंगोछा भिगोकर लोटेके बाहर लपेट दीजिये। अंगोछेका पानी भाप बननेको अधिकांश गरमी लोटेसे लेगा और ज्यो ज्यो ठंडा होता जायगा उसके भीतरका पानी ठंडा होता जायगा।

जिस तरह पानी के भाप बनने के समय कुछ ताप गुप्त हो जाती है उसी तरह ठोस वस्तु के पिघलने मे भी कुछ गर्मी गुप्त हो जाती है इसको पिघलनेका गुप्तताप कहते हैं। एक ग्राम बर्फ के पिघलाने के लिये लगभग ८० कलारी ताप चाहिये।

बर्फ के पिघलने का गुप्त ताप निकालने की विधि बहुत सरल है। एक कलारीमापक मे जिसका जल तुल्यांक म है ख ग्राम पानी $त_1°$ पर लो। कुछ बर्फ ०°शपर उस कलारीमापक मे डालदो। कलारीमापकका तापक्रम $त_2°$ हो जायगा। फिर उसको तौल कर बर्फ की मात्रा ब निकाल लो। बस बर्फ का गुप्त ताप ग नीचे लिखे हुये समीकरण से निकाला जा सकता है।

$$ब ग + ब त_2 = (म + ख)\ (त_1 - त_2)$$

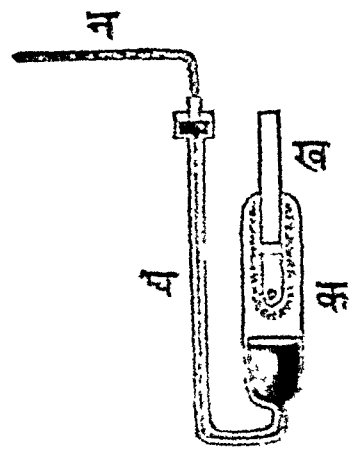
ऊपर बताया गया है कि जब पानी खौलता है तो उसका तापक्रम स्थिर रहता है, उसी तरह जब ठोस पदार्थ पिघलता है तो उसका तापक्रम स्थिर रहता है यह गुण बहुतसे पदार्थके द्रवांक निकालनेमे काममे लाया जाता है। ऐसे पदार्थ जो धीरे धीरे पिघलते हैं, उनके लिये यह विधि बहुत अच्छी है, जैसे नफथलीन मोम इत्यादि। पहले इस पदार्थको पिघला दिया जाता है फिर उसको खूब टारा जाता है और उसका तापक्रम एक एक मिनट पर लिया जाता है और उसको एक वक्र पर निर्दिष्ट कर लिया जाता है।

अगर ऐसा किया जावे तो एक वक्र मिलेगा जिसको शीतलीभवनका वक्र कहते हैं। वक्रका सीधा भाग द्रवांकका सूचक है।

लेकिन कभी कभी ऐसा होता है कि द्रव ठण्डा होकर द्रवांक के नीचे भी लाया जा सकता है मगर फिर भी जमता नही, इसको अतिशीतलित द्रव कहते हैं। जब द्रवको उबालकर उसमेकी घुली हुई हवा निकाल देते है तो द्रव अतिशीतल हो सकता है, लेकिन यह हालत अस्थायी होती है। जरा हिलानेसे जमना शुरू होजाता है और तापक्रम बढ़कर द्रवांक हो जाता है।

गर्मी पाकर हालत बदलनेका गुण दो तरहके कलारीमापकमे इस्तेमाल किया जाता है, एक तो बर्फ कलारीमापक और दूसरा भाप कलारीमापक।

बुनसनके बर्फ कलारीमापक मे गर्मी बर्फको दी जाती है जिससे बर्फ पिघलती है। प्रयोगसे हम यह जानते हैं कि १ ग्राम पानी जमनेसे आयतनमे कितना बढ़ता है। बस अगर हम उस गर्मीसे बर्फ पिघलाएँ और बर्फके आयतनकी कमी देखलें तो हमको यह मालूम हो जायगा कि कितनी बर्फ पिघली। इससे हम गर्मीकी मात्रा निकाल सकते हैं।

बुनसनका बनाया हुआ यंत्र चित्र ३६मे दिखलाया गया है। क एक बड़ा शीशेका बर्तन है जिसमे एक पारखनली ख जुड़ी हुई है, क का अधिक भाग उबाले हुए पानीसे भरा रहता है और निचले भागमें पारा रहता है। घ एक मुड़ी हुई नली है और यहभी पारे से भरी है। न एक अंकित सूचिका नली है जिसके सिरेको पारेमे इतना डुबो रखते हैं कि पारा काफी दूर न तक चढ़ जाय। पहिले क के अन्दरका पानी बिलकुल जमा दिया जाता है।

चित्र ३६

ऐसा करनेके लिये क को एक बर्फसे भरे हुए बर्तनमें रखते हैं लेकिन पानीमेसे सब घुली हुई हवा उबालकरके निकाल दी जाती है। इसलिये पानी अतिशीतल होने लगता है। जमना आरम्भ करनेके लिये ख में कुछ ईथर या अलकोहल रखते हैं और इसमें ठो-

कर हवा बुलबुलाते है। ज्वलक भाप बनकर उड़ जाता है और पानीसे अपनी गर्मी लेता है। इस कारण पानी जम जाता है।

यन्त्रको अंकित करनेके लिये ख मे कुछ गरम पानी डालते हैं और पारेका न मे पीछे खसकना देख लेते हैं। अगर $व_1$ ग्राम पानी $त_1$°श पर डालनेसे $प_1$ अङ्क न मे पारा खसका तो न का

$$१ \text{ अङ्क} = \frac{व_1 त_1}{प_1} \text{ कलारी।}$$

किसी ठोस पदार्थका आपेक्षिक ताप निकालनेके लिये कुछ पानी ०°श पर ख मे लेते हैं और ठोसको किसी तापक्रम $त_2$ तक गरम करके ख मे डाल देते हैं। अगर ठोसकी मात्रा $व_2$ और उसका आपेक्षिक ताप स हो और पारा $प_2$ अङ्क खिसके तो

$$ब_2 \times स \times त_2 = \frac{व_1 त_1}{प_1} \times प_2$$

जिससे स निकाला जा सकता है।

बिना ऊपरकी भांति अङ्कित किये हुए भी हम गणना कर सकते हैं अगर हम प्रयोगके इस नतीजेको मानले कि एक ग्राम बर्फका आयतन ०°श पर १.०९०७ घ शम है और एक ग्राम पानीका आयतन ०°श पर १.००० घ. शम. है। १ ग्राम बर्फ पिघलनेमे .०९०७ घ. शम. आयतन कम होता है तो अगर प्रयोगके बीचमे अ घ. शम. आयतन घटे तो $\frac{अ}{०९०७}$ ग्राम पिघल गया। इस कारण $ब_2 \times स \times त_2 = \frac{अ}{.०९०७} \times ग$ जहाँ ग = बर्फका गुप्त ताप और जो ८० क के बराबर है।

पानी सब तापक्रमोपर उबल सकता है अगर उसपर दबाव घटा बढ़ा सकें। ७६० स म के दबाव पर पानी १००°श पर उब-

लता है। अगर दबाव बढ़ाया जाय तो क्थनांक भी १०० से अधिक होता जाता है। इस भापको अतितप्त भाप कहते हैं। इसी तरह अगर दबाव कम करते जायँ तो पानी १००° से कम ही पर उबलने लगेगा, यहाँ तक कि ४ स.म. दबाव हो तो पानी०°श पर उबल जावेगा और इस से भी दबाव कम हो तो बर्फ बिना पिघले भाप बन कर उड़ जावेगी।

दबाव अधिक करने पर बर्फ जल्दी पिघल जाती है अथवा ०°श से कम पर ही पिघल जाती है। मामूली तरह से यह कहा जा सकता है कि बर्फ पिघलने से सिकुड़ जाती है, इस वजह से दबाव पड़ने पर इस सिकुड़न की सम्भावना अधिक होगी। इसका ठीक कारण कठिन है और इस किताब मे नही बताया जावेगा। टिंडल का प्रयोग इस सिलसिले मे बहुत मनोरञ्जक है, जिसका वर्णन पृष्ठ ४७ पर दिया जा चुका है। तार के दो सिरो पर दो बोझ बांध कर तार को एक बर्फ के टुकड़े पर रख देते हैं। हम यह देखेंगे कि तार बर्फ को काटता हुआ नीचे निकल आयेगा, लेकिन बर्फ का टुकड़ा ज्यो का त्यो बना रह जायगा। कारण यह है कि ताप के नीचे की बर्फ दबाव पड़ने से पिघल जाती है। तार नीचे खसक जाता है और जो पानी पिघलने से बनता है वह तारके ऊपर चला आता है। ऊपर आते ही यह पानी फिर जम जाता है और तार बर्फ के बीच मे हो जाता है। इसी तरह तार नीचे खसकता चला जाता है। दबाव पड़ने पर बर्फ का पिघलना और फिर दबाव के दूर होते ही बर्फ का फिर जम जाना—इस, दृश्य को पुनर्हिमन (regelation) कहते हैं। पहाड़ोमे ग्लेशियरके बनने का कारण भी यही है।

दूसरा यत्र जिससे ताप नाप सकते हैं वह जौली का भाप कलारीमापक है। इससे पदार्थ का आपेक्षिक ताप निकाल सकते है। यह चित्र ३७मे दिखलाया गया है। क एक ताँबेका दुहरी दीवार का वर्तन है जिसमे ख द्वारा भाप दाखिल की जा सकती है। नीचे वाले छिद्र द्वारा भाप बाहर निकल सकती है। दोनो दीवालों के बीच की हवा 'शून्य पम्प' से निकाल दीगई है ताकि विकिरण से गर्मी बाहर न जाय। इस बर्तन मे एक पलड़ा तार द्वारा तराजू की डांडी से लटका कर रखते हैं। इस पलड़े मे जिस वस्तु का आपेक्षिक ताप निकालना होता

चित्र ३७

है उसको रखते है। तराजू के दूसरे पलड़े पर कुछ बाट रखकर उस वस्तु की मात्रा निकाल लेते है। फिर इस घेरे का तापक्रम देख लेते है। फिर यकायक बहुत सी भाप ख द्वारा घेरे मे भेजी जाती है। कुछ भाप वस्तु और पलड़े पर जम जाती है और अपना गुप्त ताप वस्तु को देती है। वस्तु का तापक्रम बढ़ कर १००° हो जाता है। तब भाप का जमना बन्द हो जाता है। फिर तराजू के दूसरे पलड़े पर बाट रखकर तौल ले लेते है। मात्रा में जो अधिकता हुई वही जमी हुई भाप की मात्रा हुई। बस अगर ब ग्राम भाप की मात्रा है और वस्तु और पलड़े का बोझ $ब_1$, $ब_2$ ग्राम है, और उनका आपेक्षिक ताप $अ_1$, $अ_2$ हो और

$त_1$, $त_2$ घेरेका शुरू और आखिरका तापक्रम हो तो

$$ब\ ग = ब_1\ अ_1\ (त_2 - त_1) + ब_2\ अ_2\ (त_2 - त_1)$$

जहाँ ग भापका गुप्त ताप है। पहिले खाली पलड़ेसे प्रयोग करते हैं। उस पर कोई बोझ नही रखते। इससे पलड़ेका (बोझ × आपेक्षिक ताप) निकल आता है। फिर ऊपर दिये हुये सम्बन्ध द्वारा उस वस्तु का आपेक्षिक ताप निकल आता है।

लेकिन घेरे से कुछ भाप लटकते हुए तार पर जहां कि यह घेरे मे दाखिल होती है द्रव हो जाती है। इस कारण तौलना कठिन हो जाता है। इसको दूर करने के लिये तार के चारो तरफ एक सर्पिल रखते हैं जिसमे विद्युत् धारा भेजकर उसको गर्म कर लाल कर रखते हैं। इस गरमी के कारण भाप तार पर नही जमने पाती।

ठोस का आपेक्षिक ताप निकालने के लिये उसको सिर्फ पलड़े पर रख देते हैं। द्रवों या कुचालक ठोस पदार्थ या चूर्णों का आपेक्षिक ताप निकालने के लिये इनको एक गोल गेंद के समान धातु की बनी हुई चीज मे बन्द कर रखते हैं। लेकिन सब से बड़ा फायदा इस कलारीमापक का यह है कि इससे गैस का आपेक्षिक ताप स्थिर आयतन पर निकाल सकते हैं जिसके निकालने की और कोई सरल विधि नही है। तांबे के दो गोले लेते है जो बिलकुल एक से हों। एक में गैस भर देते हैं और दूसरे को शून्य रखते हैं। तराजू के एक पलड़े पर एक को रखते हैं और दूसरे पर दूसरे को। दोनो पलड़े भापके एक ही घेरे में लटकाये जाते हैं। इससे गैस के कारण जो अधिक भाप जमी वह मालूम हो जाती है, जिससे गैस का आपेक्षिक ताप निकाल लेते हैं।

अभ्यासके लिए प्रश्न

१—ताप या गरमी कितने तरहकी होती है ?

२—बरफ गलनेमें कितने कलारी ताप गुप्त कर लेती है ? भापसे जल बननेमें कितने कलारी गरमी प्रकट होती है ।

३—गरमीके गुप्त और प्रकट होनेके गुणोंसे हम क्या क्या और किस किस तरह लाभ उठा सकते है ?

४—गरमियोंमें पानीके छिडकावसे ठडक क्यों होती है ?

५—भापके गुप्त तापसे क्या अभिप्राय है ? इसको कैसे निकालेंगे ?

६—फारनहैट तापमापकसे तापक्रमका हिसाब लगाकर किसी भाप का गुप्त ताप ९६६ होता है । शतांश तापक्रमसे कितना होगा ? पदार्थकी मात्राकी इकाई बदल दें तो क्या उत्तरमें कुछ भेद पड जायगा ?

७—१०० ग्राम पानी 1°श पर है। उसमें १०० ग्राम भाप 100° श पर प्रवेश करायी जाय तो मिश्रण का क्या तापक्रम होगा ?

८—पाच सेर बरफ 0°श पर है । उसे गलानेको 100°श की कितनी भाप चाहिये ।

९—अतिशीतलित द्रव और अतितप्त भाप किसे कहते है ?

१०—बुन्सन बर्फ कलारीमापकसे आपेक्षिक ताप किस प्रकार निकाला जा सकता है ? यदि बर्फका गुप्त ताप ८० हो और 0° पर इसका घनत्व ०·९१७ हो तो इसे १५ कलारी गर्मी देनेसे बुन्सनकलारीमापककी नली में पारा कितनी दूर बढेगा यदि नलीका व्यास ०·५ स म. हो ?

११—जौलीके भाप कलारीमापकका विवरण दीजिये । इससे स्थिर आयतन पर गैसोंका आपेक्षिक ताप कैसे निकालेंगे ?

१३—वाष्पयंत्र—भापका इंजन

ज कल भापसे बड़े बड़े काम लिये जाते हैं। रेलगाड़ी जहाज़, स्टीमर और अग्नि-बोट चलते हैं। यंत्रसे आटा पीसते हैं, धान कूटते हैं, अखबार छापते हैं, निदान जितने कामोंमे बल लगता है वह सब भापके बलसे किये जाते हैं।

यह बात मिस्रके सिकन्दरियापुरीके प्रसिद्ध गणितज्ञ हैरोको यहाँके विक्रमादित्यके राजत्वकालके कुछ पहले ही मालूम थी कि जलसे भाप बनती है तो उसको अपने फैलावके लिये जगहकी ज़रूरत होती है और भाप अपने बलसे पासकी वस्तुओंको ढकेलकर भी अपने लिये जगह कर लेती है। उसी समयसे वैज्ञानिक लोग इस बलको किसी ढंग पर काममे लानेका उद्योग करने लगे। परन्तु इस उद्योगको उपयोगी रूपमे लानेका यश हेरोके १८०० बरस पीछे स्काटलैंडके प्रसिद्ध इंजीनियर वाटको मिला, जिसने एक ऐसा वाष्प-यंत्र (इंजन) बनाया जिससे नपा हुआ बल हर काम के लिये मिलना सहज हो गया है।

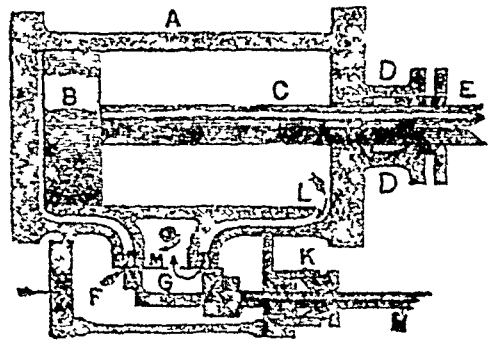
इंजनके हर कल पुर्ज़ेको समझानेकी बड़ी ज़रूरत नहीं है। हम केवल मोटी रीतिसे उसके चलनेका ढंग बतलाते हैं।

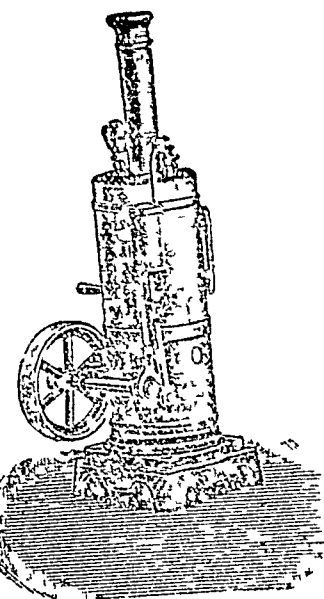
एक बड़े बरतनमे जिसको बैलट (खौलानेवाला) कहते हैं पानी खौलाया जाता है। इसमें एक नली लगी होती है जिसकी दो शाखाएं एक पिचकारीके दो सिरों पर जा मिलती

है। इसी नलीसे भाप पिचकारीमे पहुंचती है। पिचकारीकी दूसरी ओर भी दो सिरो पर नली लगी होती है जो खुली रहती है।

क, ख, ग, घ, स्थानो पर चार ढकने हैं। मान लीजिये कि हमने पहले ख ढकनेको खोला। भाप इस राहसे पिचकारीके भीतर गई। इसने पिचकारीकी डाटको ढकेला, डाट ऊपरको चढ़ी। जब ऊपर पहुंच गई तो ख को बन्द कर दिया, और क और ग को खोल दिया। पिचकारीके भीतरकी भाप ग कपाटसे बाहर निकल आयी परन्तु डाटको क ढकनेसे आती हुई भापने नीचेको ठेला और डाट फिर नीचे उतरी। फिर हमने क ग कपाटोको बंद कर ख और घ को खोला तो डाट ऊपरको चढ़ी। इस तरह डाट ऊपर नीचे चढ़ती उतरती रहेगी। इसी डाटके डडेसे पहिये की धुरी उचित ढंग पर लगी हो तो पहिया भी घूमता रहेगा। यंत्रमे वस्तुत. डाट आपही चलती रहती है। ढकने खोलने बन्द करनेका काम नही पड़ता। ढकने इस तरह पर लगाये जाते हैं कि दबावसे आपसे आप खुल जाते और बन्द होजाते हैं। इंजन चलानेका सिद्धान्त यही है। नीचे इंजनके पुरजोका चित्र दिया गया है जिससे इस बातके समझनेमे कठिनाई न पड़ेगी। इंजनसे रेल चलानी हो तो पहियेको पटरीपर रखकर उसपर गाड़ी रख देते है। जहाज़ चलाना हो तो एक गोलाकार पहियेसे जिसमे लोहेके आड़े टुकड़े लगे होते हैं पानी खेनेका काम लिया जाता है। आटा पीसना हो तो चक्कीके पत्थरको पहिये से चलाते हैं, इत्यादि।

तीरकी दिशामे भाप वैलटसे आकर F के पास (देखो चित्र ३८) भीतरको खाली स्थानमे गयी। इस खाली स्थानमे

H डंडा और G डाट भीतर बाहर आते जाते रहते हैं, G डाटमे विशेषता यह है कि वह खोखली है, F के ऊपरवाले तीरकी दिशामें M के पास तीरके मुखपर और इससे ऊपर इसी तीरकी पूंछकी जगह यह तीन छेद हैं और G डाट इस प्रकार सटकर बैठती है कि अपने खोखलेमे उपर्युक्त

चित्र ३८

तीन छेदोंमेंसे दोको रखतीहै और तीसरे (ऊपर या नीचेवाले छेद को) खुला छोड़ देती है। तो जब नीचवाला (F के ऊपरवाला) छेद खुला रहता है (जैसा चित्रमे दिखाया गया है) उस समय ऊपरवाले दो छेद G के खोखलेमें आजाते हैं और उनमें आपुसमे भाप तीरोकी दिशामे आ सकती है। इसी समय वैलटसे आयी हुई भाप F के ऊपरवाले तीरकी दिशामें बाएं ओरकी A बड़ी पिचकारीमें B डाटके नीचे पहुंचती है और इस डाटको ऊपर की ओर ढकेलती है। इस प्रकार यह डाट पिचकारीके ऊपरके सिरेपर पहुच जाती है। और जो कुछ पहलेको आयी हुई भाप A के भीतर थी वह तीरोंकी दिशामें G खोखलेमेंसे M ऊपरवाले काले विन्दुपर लगी हुई नलीसे बाहर चली जाती है। इतनी देरमें G डाट और नीचेको बढ़ती है, नीचे और बीचवाले छेद G के खोखलेमें पड़ जाते हैं, ऊपरवाले तीरके पूंछपरका छेद खोखलेके बाहर हो जाता है, इसलिए बैलटसे आयी हुई भाप इस छेदसे पिचकारीमें L के पास पहुंचकर ऊपर आयी हुई B डाटको नीचे ढकेलती है। डाट B के नीचे वाली भाप

पहलेकी तरह G के खोखलेमे पहुंच-कर बाहर निकल भागती है। यह काम अनन्तर होता रहता है और B डाट ऊपर नीचे आती जाती रहती है। जो पहिया E डडेसे उचित रीतिपर लगा रहता है घूमा करता है तथा नाना प्रकारसे काम करता है। इसी पहियेसे जुड़े रहने के कारण H डडा भी ऊपर नीचे चलता रहता है।

इ जन सीधे और खड़े भी होते हैं। एक खड़े इंजनका चित्र दिया जाता है। (देखो चित्र ३९)

चित्र ३९

सब इंजन एक ही बलके नही होते। बड़े बड़े कार्योंके लिए बडे इजन चाहिए। जिस तरह हमारे यहाॅ अगले लोग हाथीसे बल नापते थे, और कहते थे, धृतराष्ट्रको दश हजार हाथीका बल था इत्यादि उसी तरह युरोपमे, जहाॅ हाथी नही होते, घोड़ोसे ही बल नापा गया। जितना बोझ हाथी अपनी सूॅढसे अपने सिर बराबर उठा सकता था उसका हजार गुना बोझ जो उतनी ही देरमे उठा सकता, हजार हाथीका बलवान कहलाता था। अब भी लोग पत्थरकी भारी नाल सिरतक उठाकर अपने बलकी अटकल पसेरियो और मनोसे करते है। ब्रिटेनमे लम्बाईकेलिए फुट और बोझकेलिए पौड (आधसेरा) इकाई है। जितनी ताकत १ पौंडको धरतीसे १ फुट ऊचा उठानेमे प्रति सेकंड लगती

है उसे १ फुट-पौंड बल ठहराते हैं। उनकी अटकलमे १ घोड़ेका बल ५५० फुट-पौंड प्रति सेकंडके बराबर है, अर्थात् घोड़ा ४०० मनके लगभग बोझको एक मिनिटमे १ फ़ुट ऊंचा उठा सकता है। यद्यपि यह बात ठीक नहीं मालूम होती कि घोड़ोंमे इतना बल है, तब भी ताक़तकी इस नापको घोडेकी ताकत, घोडेका बल अथवा अश्वबल कहते है और कहते है उस इंजनमे तो १० घोड़ेकी ताकत है। इसीलिए इजनके रचना-कालसे ही उसके काम करनेकी ताक़त नापनेको अश्वबल परिमाण माना गया है।

अभ्यासकेलिए प्रश्न

१—भापके इंजन किस सिद्धान्तपर बनते हैं ?

२—अश्वबलसे क्या अभिप्राय है ?

१४—गरमीका फैलना

यदि लोहेके चीमटेका एक सिरा आगमें रक्खा जाय तो थोड़ी देरमे दूसरा सिरा भी गरमहो जाता है। यदि एक सिरेको आगमे रख धीरे धीरे उस सिरेसे दूसरेतक छूते जायँ तो जान पड़ेगा कि गरमी धीरेधीरे एक सिरेसे दूसरेको आ रही है। मतलब यह कि धीरे धीरे लोहेका एक हिस्सा, फिर उसके पासका दूसरा, फिर तीसरा हिस्सा गरम होता जाता है। गरमीके इस तरह फैलनेको चलन कहते हैं। लोहेकी जगह लकड़ी या बांस लें तो एक सिरेके जल जानेपरभी दूसरा गरम न होगा।

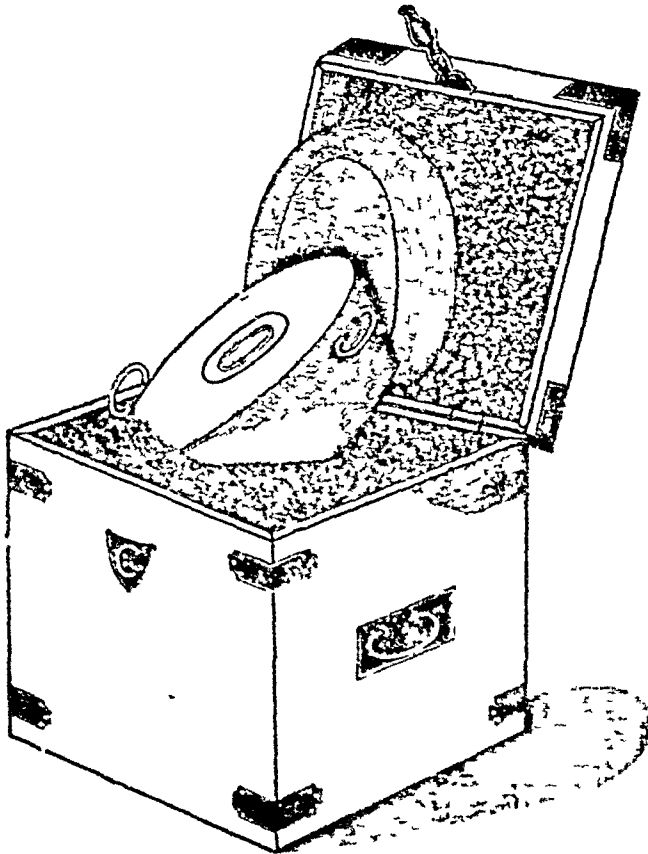
इससे मालूम हुआ कि सब वस्तुओंमे गरमीका चलन बराबर नहीं होता। जिन वस्तुओंमें लोहेकी तरह गरमी जल्दी फैलती है उन्हे सुचालक कहते हैं, और जिसमें नहीं फैलती वा देरमें फैलती है उन्हें कुचालक कहते हैं।

सभी धातु सुचालक हैं। पत्थर, चमड़ा, लकड़ी, ऊन आदि कुचालक हैं। कागज़ कुचालक पदार्थ है। इसके किसी भागको आगमेंरख देनेसे आगकी गरमी सब एकही जगह लगकर रह जाती है और वह भाग जलने लगता है। परन्तु उसे ही एक तांबेके बेलनपर लपेटकर आगकेऊपर रक्खें तो कागज़ कुछ देरतक न जलेगा क्योंकि कागज़को जलानेवाली गरमी तांबेमें चली जाती है, क्योंकि तॉवा सुचालक पदार्थ है।

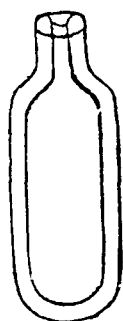
सुचालक पदार्थोंमें भी कोई अधिक और कोई कम चालक होते हैं। अगर हम जानना चाहे कि तांबा और लोहा इन दोनोंमें कौन अधिक चालक है तो बराबर मोटे तारके टुकड़े लें, एक तांबेका और दूसरा लोहेका। इनके एक एक सिरेको आगमें रख एक एक दियासलाई आगसे कुछ दूर बराबरीपर रक्खें। जिस तारकी दियासलाई पहले जले वही अधिक चालक है।

सरदी में धातु छूने में ठडी लगती और ऊन गरम। हमारे शरीर का तापक्रम सरदी मे धातु के तापक्रम से अधिक होता है, अत' जब हम किसी धातु को छूते हैं, हमारे शरीर की गर्मी धातुके उस स्थान पर पहुंच जातो है जहां पर हम उसे छूते हैं। 'पर धातु गरमी का अच्छा चालक है, अतः वह गर्मी वहों पर रहने नही पाती, और आगे बढ़ जाती है, इसलिये वह स्थान हमें ठंडा मालूम होने लगता है। ऊन या रुई के भीतर बहुतसी

हवा रहती है जो वहुतही कुचालक है। अतः उसमें गरमी आगे नहीं वढ़ने पाती, और हमे रुई या ऊन गरम मालूम पड़ती है।

इसी लिये हम सरदी मे ऊन या रुई के कपड़े पहनते हैं। यदि वर्फ को ऊनी कपड़े या लकड़ीके बुरादेमे लपेटकर रखदें तो वह विना पिघले वहुतदेर तक जैसीकी तैसी वनी रह सकती है।

चित्र ४०

आजकल वहुधा भोजनादिक वस्तुओंको गरम रखने तथा वरफको रखनेके लिये वकस (चित्र ४०) वनते हैं जो दोहरी

भीतके होते हैं और दोनो भीतोकी पोलमे ऊन, नमदा आदि कु-चालक पदार्थ भरे रहते हैं। जो वस्तु इसके भीतर रक्खी जाती है बाहरी सर्दी गरमीसे उसका कोई संसर्ग नही रहता। इस तरह बहुत समयतक ठण्डी या गरम जिस दशामे रक्खी जाती है उसी दशामे प्राय. बनी रहती है।

गरम दूध, गरम चाय और ठण्डा पानी ले जानेके लिये बाजारोमे थरमो (चित्र ४१) बिकते हैं। थरमो दोहरी दीवालवाला कांचका बरतन है। दीवालोकी पोलमेसे नली द्वारा हवा बिलकुल निकालकर वायु शून्य करके सदाके लिये नली बन्द कर देते हैं। इसे चमड़ेके खोलमे रख लेते हैं जिससे टूटने न पाये। इन दीवालोंकी पोलकी ओर चांदी चढ़ी रहती है। पोलके वायु शून्य होने और दीवालो पर चॉदी चढ़ी रहनेसे थरमोमे रखे पदार्थका तापक्रम घटता बढ़ता नही क्योकि न बाहरसे गरमी आतीहै और न उसमेसे बाहर जाती है।

चित्र ४१

इञ्जन हाउज़ का प्रयोग

एक बर्तनमे बहुतसी धातुओंके छडोके सिरे डाले रहते हैं। सब छडोका पृष्ठक्षेत्र बराबर होता है और ये बिल्कुल एकसे होते हैं। सब छड़ो पर बराबर मोटाईमे मोम जमा देते हैं। अगर हम विशदम्-कोबल्टम् और तांबेके तारोकी तुलना करें तो यह मालूम होगा कि पहिले विशदम्के छड़पर मोम ज्यादा दूर तक पिघलता है लेकिन कुछ समय बाद तांबेपर। इसका कारण यह है कि स्थिर अवस्था पहुंचनेके पहिले जो गरमी छड़के

किसी हिस्सेमें पहुंचती है उसमेंसे कुछ तो पृष्ठसे विकिरण द्वारा ग़ायब होजाती है, कुछ उसका तापक्रम बढ़ानेमें लग जाती है, और कुछ चलन द्वारा छड़के दूसरे सिरेकी ओर चली जाती है। अब तांबेकी ताप-समाई विशदकी ताप-समाई से ज्यादा है और इसका असर तांबेके सुचालक होनेके असरसे अधिक है। शुरूमें विशदका तापक्रम तांबेके तापक्रमसे उतनी ही दूरीपर अधिक होताहै इसलिये स्थिरअवस्थाके पहिले विशदम्-पर मोम ज्यादा दूरी तक पिघलता है लेकिन स्थिर-अवस्थाके बाद जब छड़के हर एक भागमें तापक्रम स्थिर होजाता है तो ताप-समाईका असर जाता रहता है और चूंकि तांबा विशदम्से अच्छा चालक है तांबे पर मोम ज्यादा दूर तक पिघलता है। यह साबित किया जासकता है कि अगर $ल_१$, $ल_२$, दोनों छड़ों-पर मोम पिघलनेकी लम्बाई हो तो उनकी चालक शक्तिकी

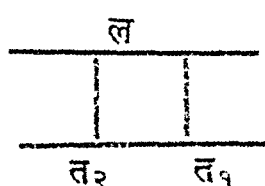
$$\text{निष्पत्ति} = \frac{ल_२^२}{ल_१^२}$$

तापचालकता

चित्रमें एक छड़का एक भाग दिखलाया गया है। अगर हम छड़का एक बहुत छोटा हिस्सा लें जिसकी लम्बाई ल है और अगर इसके दोनो सिरोंका तापक्रम $त_१$, $त_२$ हों, अ पृष्ठका मध्यच्छेद हो और ग जो गरमी दूसरे पृष्ठसे स समयमें चलन द्वारा जाती है, हो, तो यह प्रयोगसे सिद्ध किया जासकता है कि :—

ल

$त_२$ $त_१$

$$ग \propto \frac{त_1 - त_2}{ल} अस$$

$\frac{त_1 - त_2}{ल}$ को तापक्रम गिराव कहते है पस

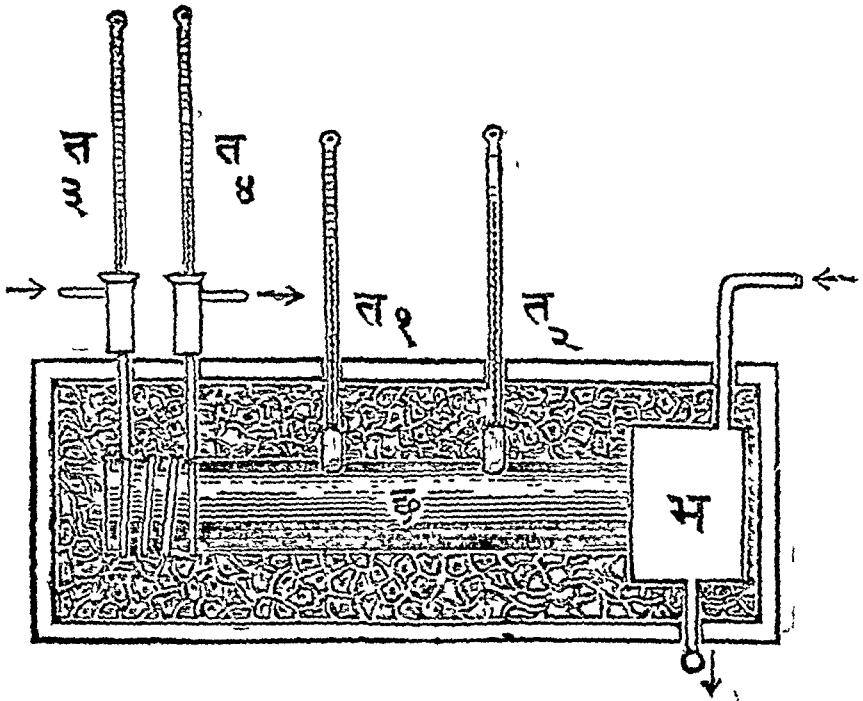
$$ग = च \frac{त_1 - त_2}{ल} अस$$

जहां हम च को उस धातु की ताप चालकता कहते हैं। इससे तापचालकता च की परिभाषा हम यह भी कर सकते हैं कि यह गरमीकी वह मात्रा है जो १ श.म लम्बी छड़के जिसके सिरोंके तापक्रमका अन्तर १° है और पृष्ठक्षेत्र १ वर्ग श म. हो एक सैकण्ड में पृष्ठके पार हो जाय।

चालकता निकालनेका सर्लका यन्त्र

ऊपर जो परिभाषा गरमीके चलनकी दीगयी है उसके द्वारा हम किसी वस्तुमे गर्मीका चलन वहुत आसानीसे निकाल सकते है। सर्ल (Searl) का यन्त्र जिसके द्वारा यह किया जा सकता है नीचे बताया जाता है।

छ लोहेका एक छड है जिसका एक सिरा एक वर्तन भ मे डालकर गरम किया जाता है। भ में भाप दाखिलकी जाती है। और यह १००° पर रखा जाता है। छड़के दूसरे सिरेपर एक नली लपेटी हुई है। इस नलीमे पानी बराबर एकसा बहा करता है। अन्दर आनेवाले और वाहर जानेवाले पानी दोनोंका तापक्रम तापमामक $त_3$, $त_4$ पर पढ लिया जाता है। $त_1$, $त_2$ दो और तापमापक हैं जो छड़में कुछ दूर तक डालकर रखे गये हैं

सारे यन्त्रको रूई या नमदा से ढांककर रखते हैं ताकि छड़के पृष्ठसे गर्मी होकर बाहर न जाय।

चित्र ४

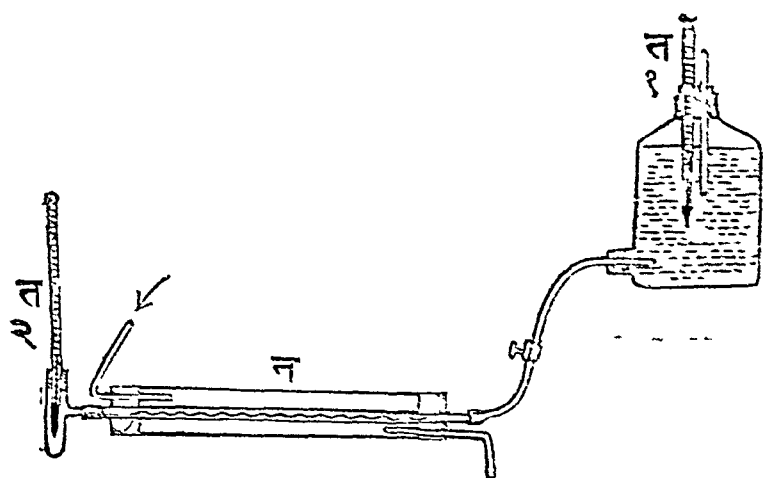
अगर व ग्राम पानी नलीमें प्रति मिनट बहे और अन्दर आनेवाले पानीका तापक्रम $त_३$, बांहर जाने वालेका $त_४$ हो और छड़के मध्यच्छेद की क्षेत्रफल अ हो तो चलन द्वारा जो गर्मी प्रति मिनट पानी में आई वह बराबर है

$$च \frac{त_२ - त_१}{ल} अ ६०$$

अगर $त_१$, $त_२$ के बीचका फासिला के ल हो। इसने व ग्राम पानी-को $त_३$° से $त_४$ तक गर्म किया इसलिये।

$$च \frac{त_{३} - त_{१}}{ल} अ \; ६० = व (त_{४} - त_{२})$$

जिससे उस छड़के पदार्थ के लिसे च, चलन शक्ति निकालीजा सकती है।

अब एक साधारण यन्त्र बतलाया जावेगा जिससे काच या रबर को चलन शक्ति निकाल सकते हैं। न कांच की एक नली हैं जिसमे ठडा पानी एकसा बहता है और उसका तापक्रम

चित्र ४३

$त_{१}$ एक तापमापक से पढ़ाजा सकता है। न एक भापजाकट से घिरा हुआ है। पानी न मे भापसे गरम हो जाता है और जब वह गरम होकर दूसरे सिरे से बाहर निकलता है तो उसका तापक्रम $त_{२}$ एक तापमापक से पढ़ लिया जाता है। अगर न की लम्बाई ल और उसके अन्दर और बाहर के व्यासार्ध की औसत रहो और व ग्राम पानो प्रति मिनट बहे तो:—

$$ब\,(त_2 - त_1) = च \;\; २\pi\, र\, ल \;\frac{१०० - \frac{१}{२}(त_1 + त_2)}{स}\, ६०$$

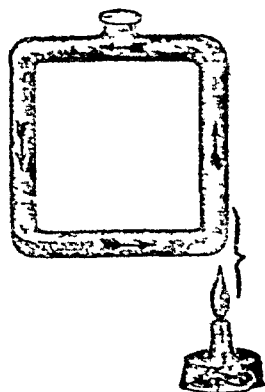
अगर शीशेकी मोटाई स हो। क्योंकि हम ऐसा समझ सकते है कि गरमी शीशेसे होकर पानी मे आई और शीशेका औसत पृष्ठ क्षेत्रफल = २ π र ल। बस हम च निकाल सकते हैं।

तांबेकी सुचालक शक्ति बहुत काम मे आती है। खानोंमें रोशनीकी ज़रूरत होती है लेकिन बहुधा उनमें जलनशील गैस रहती है। अगर ये ज्वालाको छूदें तो खानमे विस्फुटन होजाय। इस वजह से डेवीका रक्तकदीप इस्तेमाल करते हैं। इसमे ज्वाला चारों ओरसे तांबेकी जालीसे ढकी रहती है। जालीके अन्दरकी गैस गरम हो जाती है, लेकिन वह बाहरकी गैसको अग्निज तापक्रम तक नहीं गरम कर सकती क्योंकि जहाँ अन्दर गैस जालीको छूती है उसकी गरमी, जाली सुचालक होनेके कारण, जल्दी चारो ओर फैली देती है और कोई स्थान ज्यादा गरम नहीं होने पाता।

द्रव और गैसमें गरमी फैलानेका गुण वहुत कम होता है परन्तु जैसा हम कह चुके हैं द्रव और गैसें गरमी पाकर आप ही फैलने लगती है अतएव हलकी होने लगती हैं और हलकी होनेसे आपही ऊपरकी सतह पर गरमीको लिये हुए जाती हैं। इसी तरह दूसरी, तीसरी, चौथी तह भी गरम हो होकर ऊपरको उठती हैं। इस तरह गरमी स्वयं नहीं चलती तो द्रव और गैसें उसे ढो ढोकर पहुंचा देती है।

प्रयोग २३—नीचेसे गरम करनेपर पानी जो चारो ओर दौड़ने लगता है उसे दिखानेके लिये एक चौखूटी कॉचकी नलीमें

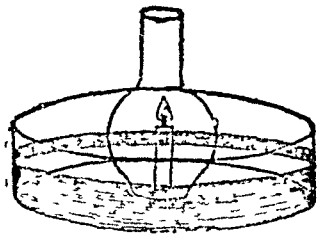
पानी भरकर गरम करते हैं। पानीकी गति उसमे दिये हुए चित्रके अनुसार दिखाई देती है। (चित्र ४४)

गरमीको लिये हुए किसी पदार्थके घूमनेको वहन और गरमी के इस तरह पहुंचाये जानेको वाहन कहते है।

चित्र ४४

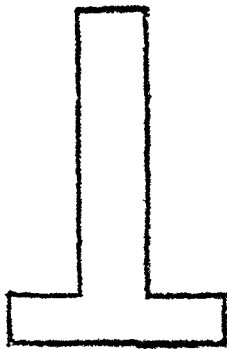
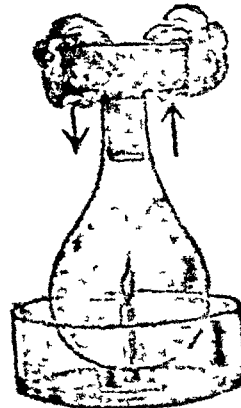
यद्यपि कागज और पानी दोनो कुचालक है, तथापि इसी वहन गुणसे कागजकी कढ़ाई मेभी पानी उवाल सकते हैं या पूरियाँ पका सकते हैं। यदि कागजकी कढ़ाई वना उस मे आधा पानी भरा जाय और कोयलेकी आँच दी जाय तो गरमीको लेकर पानी वहने या चक्रमार्गमें चलने लगता है, यहाँ तक कि उबलने लगता है और कागजके जलानेके योग्य गरमी इकट्ठी नही होने पाती।

काग़जका एक टुकड़ा अगर आगकी लौके ऊपर छोड़ा जाय तो यह ऊपरको उड़ने लगता है। वात यह है कि आगके पास हवाकी नहें गरम होनेसे फैलती हैं और ऊपरको उठती हैं, या वहन करती हैं और साथही काग़ज आदि हलकी चीजें ऊपरको उठती हैं। हलकी होनेसे गरम हवा सदा ऊपरको उठती है।

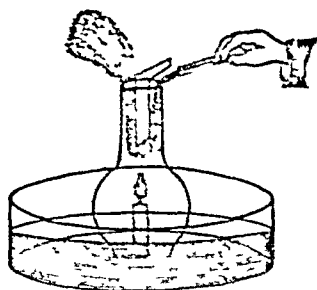
जहाँ कहीं आँच होती है, आग जलती है या किसी तरह पर हवा गरम होती है, वह ऊपरको उठती है। मौसिमी गरमीसे भी यही होता रहता है और गरमीकी जगह पर ठण्डी हवा आ जाती है। किसी कारणसे उसकी जगह और वायु न आ सके तो आगका जलता रहना संभव नही है।

प्रयोग २४—एक कटोरेमे एक मोमबत्ती जमाकर उसमें

चित्र ४५

थोड़ी दूरतक पानी भर दीजिये। फिर बत्तीको जलाकर उस पर एक चिमनी लगा दीजिये उसका निचला भाग पानी मे डूबा रहेगा। बत्ती बहुत जल्द बुझ जायगी। बात क्या है? हवाके लिये एक ही राह है और इसी राहसे गरम हवा ऊपरको उठती है। इसकी जगह ठण्डी हवाको आनेके लिये कोई मार्ग नही है, और बत्ती हवाके न मिलनेसे बुझ जाती है।

अगर किसी तरह दो राह बनादें कि एकसे गरम हवा निकले और दूसरीसे ठण्डी हवा पैठे, तो बत्ती जलती रहेगी, लम्पोमे इसलिये नीचेसे झँझरिया काटकर वायुके आनेको राह बना दी जाती है। इस चिमनीमें बीचों बीचसे टीन या मोटे

चित्र ४६

चित्र ४७

कागजका परदा (चित्र ४६) लगाकर दो राह करदें तो बत्ती

जलतो रहेगी (चित्र ४७) क्योंकि एकसे गरम हवा निकलेगी दूसरीसे ठण्डी पैठेगी। ऐसाही एक परदा सीधो वैसाखी सा काटें (जिसमे चिमनी पर सहज ही ठहर सके) और लगाकर वत्ती जला दें और फिर चिमनी लगावे तो वत्ती जलती रहती है।

चित्र ४८

प्रयोग २५—एक ओरसे गरम हवा ऊपरको उठती है और दूसरी ओरसे ठण्डी नोचेको आती है, इस वातको अगर प्रत्यक्ष देखना चाहे, तो एक मोटे रद्दी कागज या कपड़ेकी वत्ती वना उसे सुलगाइये, जव खूब धुआँ निकलने लगे तो इसको (चित्र ४८) चिमनीके पास ऊपर लाइये। आप देखेंगे कि धुआँ चिमनीकी एक राहसे नीचेको उतरता और दूसरीसे ऊपरको चढ़ता है। जिस राहसे धुआँ भीतरको जाता है उसीसे हवा भी जा रही है, वल्कि धुआँ आप उसी हवाके झोकेके कारण साथ ही भीतर जा रहा है।

जिस कमरेमे वहुत मनुष्य हो वहाँकी हवा गरम और गंदी हो जाती है। वाहर निकलनेकी राह न पाकर उन मनुष्योंको हानि पहुँचाती है इस लिए कमरेमे ऐसा वन्दोवस्त होना चाहिये जिससे हवाके आने जाने के लिए दो रास्ते हो। ऊपरकी राहसे गरम हवा वाहरको निकलती जाय और नीचेसे शुद्ध ठंडी हवा कमरेमे आती रहे। सोते समय इस प्रवन्धकी ऐसी आवश्यकता समझी कि आयुर्वैदिक ग्रन्थकारोंने प्रवात शयनके वड़े लाभ लिखे हैं।

सूरज और धरतीके वीच ९ करोड़ मीलकी दूरी होनेपर भी

हमे सूरज से गरमी मिलती है। यह कैसे ? शायद आप कहे कि वायुकी तहे गरमी लेकर सूरजसे हमारे पासतक संवहन करती है। ऐसा नही है, क्योकि हमारी वायुका मंडल सूर्यतक नहीं है। गरमी फिर क्योकर यहाँ तक पहुँचती है ? यह भी देखनेमे आता है कि सूर्य और पृथ्वीके बीचकी हवा गरम नही होती। क्योकि ऐसा होता तो निश्चय ही ऊँचे स्थानमे, पहाड़की चोटीपर मैदानोसे ज्यादा गरमी होती, क्योंकि पहाड़ मैदानकी अपेक्षा सूर्यके पास हैं।

इन सब कारणोसे वैज्ञानिकोंका विचार है कि गरमीकी लहरें होती हे जो गरम वस्तुसे निकलकर चारो ओर फैलती हैं। इनकी गति सीधी रेखामे होती है। इन किरणोकी राह रोक दें तो गरमी नहीं लगती, जैसे छतरी लगानेसे सूरजकी गरमी नही लगती। इस तरह गरमीकी किरणोका सब ओर फैलना विकिरण कहलाता है। गरमीकी किरणें जिस वस्तुपर पड़ती है उसे गरम कर देती हैं। दर्पण आदि चमकीले पदार्थों पर प्रकाशकी किरणें पड़कर जैसे फिर लौट जाती हैं उसी तरह गरमीकी किरणें भी लौट जाती है। इसे परावर्तन कहते हैं।

कुछ पदार्थ ऐसे हैं जो इन किरणोको सोख लेते हैं और बहुतसे नही सोख सकते। सोखनेवाले पदार्थों को शोषक कहते है। जो वस्तु जितनी अधिक गरमी सोखेगी उतनी ही अधिक गरमी उससे हमको मालूम होगी। काला रंग सुशोषक है, इस लिए काला कपड़ा गरमीके दिनोमे बुरा लगता है।

पानीका आपेक्षिक ताप मिट्टीसे अधिक है। इस कारण जब दिनमें सूरज चमकता है तो उसकी गरमीसे समुद्रके किनारेको

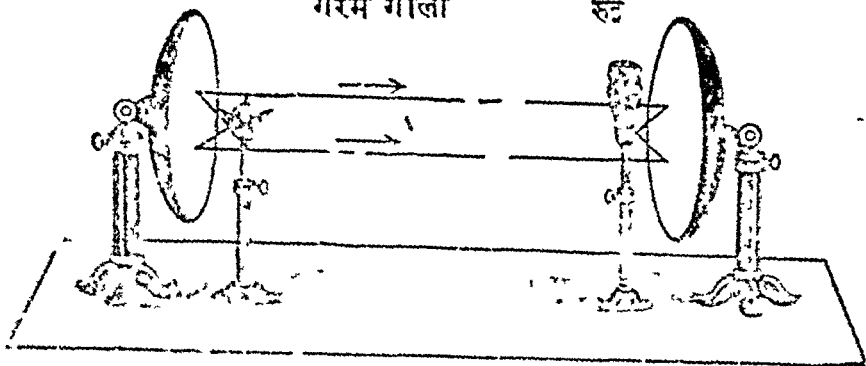
धरती पानीसे अधिक गरम होजाती है। उसके ऊपरकी हवा भी अधिक गरम और हलकी हो जाता है, बस यह ऊपर उठती है और समुद्रको ठडी हवा इसकी जगह लेलेती है। इसको जलसमीर कहते हैं। रात मे बिलकुल इसका उलटा होता है और तब थलसमीर बहती है।

धरती चित्र ४६ समुद्र

ठीक इसीका उलटा सॉझको होता है। धरती बड़ी जल्दी गरमीको बिखेर देती है—परन्तु पानीको इस काममें बहुत देर लगती है—इसलिए पानीके पासकी हवा गरम रहनेसे ऊपरको उठती है और उसकी जगह धरतीकी ठण्डी वायु लेती है। इसीलिए सांझको प्रायः धरतीसे समुद्रकी ओर हवा बहती है। इसी तरह समुद्रके कई भागोंमें भी गरमीके घटने बढ़नेसे प्रचड वायु बहा करती है जिनके तिजारती हवा वा व्यापारी वायु आदि अनेक नाम हैं।

जो जितना लेता है उसे उतना ही देना भी पड़ता है। जो वस्तु अधिक शोषक होती है वह उतनी ही अधिक गरमीकी किरणें बिखेरती भी है अथवा विकिरण करती है।

आप रात को एक छपे हुए कागज़के टुकड़ेको आगमें जलाइये। आप देखेंगे कि उजला कागज काला दीखता है और काले अक्षर उजले दीखते हैं। कारण यह है कि स्याहीसे अधिक तीव्र किरणें निकलती हैं।

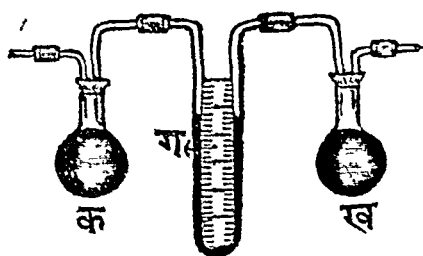
गरमीकी किरणें भी ज्योतिके समान परावर्त्तित होती हैं। एक तरहका पुटाकार दर्पण होता है, जिसमें उसके तलपर पड़नेवाली सारी किरणोंको एक ही विन्दु पर इकट्ठीकर देनेका गुण है। इस विन्दुको दर्पणकी किरणनाभि कहते हैं। यदि दूर तेज आग जलती हो और नाभिपर कोई हलकी वस्तु रख दी जाय तो यह गरम होजायगी। दियासलाई और रूई जल उठेंगी और मोम पिघल जायगा। कहते हैं कि अमेरिकाके एक यन्त्रालयमें अग्निसे १०० फुटकी दूरीपर इसी रीतिसे भोजन पकाया जाता है।

चित्र ५०

बायें दर्पणकी (चित्र ५०) नाभिपर गरम गेंद है। गरमीकी किरणें इस दर्पणसे परावर्तित होकर दूसरे दर्पणपर पड़ती हैं,

इस दर्पणसे परावर्तित होकर रूईपर एकत्रित होती हैं और रूई जलने लगती है।

ऊपरके प्रयोग द्वारा यह मालूम होता है कि विकिरण सामर्थ्य परावर्तनके उन्ही नियमोका पालन करता है जिन्हें प्रकाश। वास्तवमे यह दिखलाया जासकता है कि विकिरण सामर्थ्यमे प्रकाशके सारे गुण होते हैं औ‹ यह वस्तुतः एक प्रकार का प्रकाश ही है।

इन सब बातोंके सिद्ध करनेके लिये ऐसे यंत्रका होना आवश्यक है जिनसे हम विकिरण सामर्थ्य नाप सकें। इसके लिये लेसलीका भेददर्शक वायुतापमापक जिसका वर्णन २९ पृष्ठपर किया गया है बहुत अच्छा है। इसका एक चित्र नीचे भी दिया जाता है। तापमापकके एक बल्बको काजलसे रंग देते हैं। सब विकिरण ताप जो उसपर पड़तो है सोख ली जाती है और द्रव-सूचक खसकता है। हम इसको अंकित कर सकते है।

इससे और अच्छे यंत्र निकाले गये है। विद्युत्‌की किताबोके पढ़नेसे मालूम होगा कि अगर दो असमान धातुओके जोड़को गरम करें तो उस चक्करमे विद्युत-सचालक-शक्ति पैदा होती है जिसके कारण एक धारा वहती है। इस विद्युत-संचालक-शक्तिकी मात्रा जोड़के तापक्रमपर निर्भर है। बस

चित्र ५१

सगर हम वि. स. श. को जान लें तो जोड़का तापक्रम निकाल अकते है। इस यंत्रको तापविद्युद्‌युग्म कहते है। इसमे बहुधा

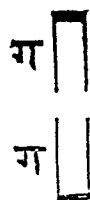
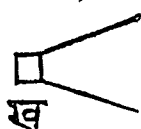
आंजन-विशद या तांवा-लोहाका युग्म होता है। वहुतसे ऐसे युग्मोको शृङ्खलावद्ध कर तापविद्युद्पुञ्ज बनता है जिससे हर एक युग्मका असर जुट जाता है। जोड़को काजलसे ढक देते हैं और विकिरणसामर्थ्य उसपर पड़ने देते हैं। इस तरह विकिरण सामर्थ्य नापी जाता सकती है।

एक और यंत्र जिसे किरणमापक (वोलोमीटर) कहते हैं इस कामके लिये इस्तेमाल किया जाता है। इसका सिद्धान्त यह है कि गरम करने से बहुधा धातुओंके तार की विद्युत बाधा बढ़ जाती है। वस अगर विकिरण सामर्थ्य तार पर पड़ती है तो उसकी वाधा वढ़ जाती है और इस बाधाको हम ह्वीटस्टनके जाल से निकाल सकते है जिससे विकिरण सामर्थ्यका नाप मिल जाता है।

दान और आदान बल

कोई गरम वस्तु अगर रखी जाय तो गरमी विकिरण से इधर उधर चली जाती है। यह वहुतसी बातों पर निर्भर है जैसे (१) वस्तुके सतहके गुण और (२) उसके चारों ओरका तापक्रम। काजल से ढके हुये पदार्थ वहुत गरमी वि करण और शोपण करते हैं। किसी पृष्टका दानवल वस्तुपृष्ठ के १ वर्ग श. म. से १ सैकंड में दिये हुए ताप और उसी अवस्थामे पूर्णत. काली वस्तुके उतने ही क्षेत्र द्वारा शोपित तापका सम्बन्ध है। किसी वस्तुका दानवल आसानी से निकाल सकते हैं।

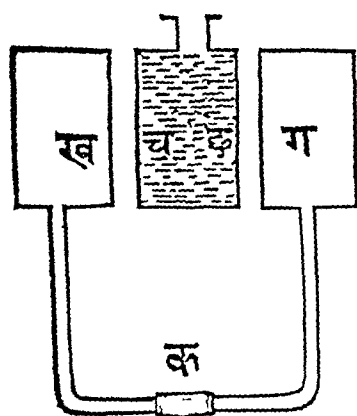
धातुका एक वन क है जिसमें गरम पानी भरा है। इसका

सामने का पृष्ठ उन पदार्थों से जिनका दान बल निकालना है ढांका जा सकता है। ख एक ताप विद्यु तयुग्म

चित्र ५२

है जिससे दान-ताप नापा जासकता है। ग एक दुहरी दीवार वाला धातुका परदा है जिसके बाहरी पृष्ठ काजलसे ढके हुये है और अन्दरके पृष्ठ बिल्कुल चिकने हैं। बस हम क को एक मर्तबा उस वस्तुसे जिसका दान बल निकालना है ढंक कर ताप विद्यु तयुग्म पढ़ लेते है और दूसरी मर्तबा क को काजलसे ढंक देते हैं और उसको भी पढ़ लेते हैं। दोनो पढ़ाहियो के सम्बन्धसे दान बल ज्ञात हो जाता है।

आदानबल की भी परिभाषा हम इसी तरह बना सकते है। किसी पृष्ठ का आदान बल उसके १ वर्ग श म क्षेत्र द्वारा १ सेकंडमें सोखे हुए ताप और पूर्णतः काली वस्तुके उतनेही क्षेत्र द्वारा उन्ही अवस्थाओ मे सोखे हुए ताप का सम्बन्ध है।

ऊपर कहा जा चुका है कि जो वस्तु ज्यादा गर्मी विकिरण करते हैं वह ज्यादागर्मी सोखतेभी हैं, अब हम प्रयोग द्वारा यह सिद्ध करेंगे कि दानबल = आदानबल। यह रिटशी (Ritchie) के यंत्र द्वारा हो सकता है। क एक भेददर्शक वायु तापमापक है जिसके गोले धातुके बनें है। पृष्ठ ख काजलसे ढका हुआ है और पृष्ठ ग सफेद चिकना है। इन दोनोको बीचमे और बराबर दूरीपर एक धातु-घन जिसमे गरम पानी भरा हुआ है लाया जाता

चित्र ५३

है। पृष्ठ च सफेद चिकना है और छ काजलसे ढंका हुआ है। अगर सफेद चिकनी धातुका दानबल ज और आदानबल स हो और अगर गरमी ग धातु घनसे पृष्ठ छ द्वारा निकलती है तो ग पृष्ठ स + ग गर्मी सोखलेता है। च से गरमी ज + ग निकलेगी और यह सब ख सोख लेगा, अब प्रयोग करनेसे यह मालूम होता है कि द्रवसूचक अपने स्थान स नहीं खसकता, इस लिये ख और ग बराबर गरमी सोखता है।

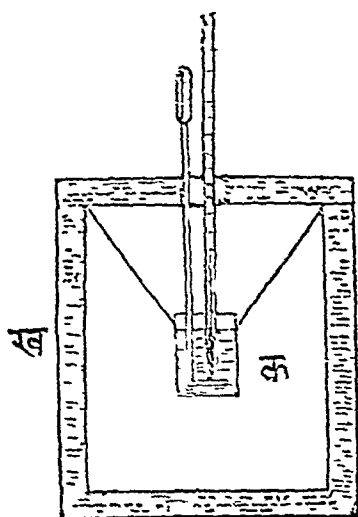
$$स \times ग = ज \times ग$$

$$\therefore स = ज$$

बस यह सिद्ध होगया कि दानबल = आदानबल

न्यूटन द्वारा निकाला हुआ वस्तुके ठंडे होनेका नियम

न्यूटन ने बहुत सी वस्तुओ को गरम किया और उनका ऐसी अवस्थाओ मे अध्ययन किया कि वह सिर्फ विकिरणसे ठंडी हो। उसने देखा कि ये सब एक नियमका पालन करती हैं, वह यह है कि वस्तुके ठंडा होनेका वेग वस्तुके तापक्रम और वस्तुके बाहरके तापक्रमके अन्तर पर निर्भर है। अगर यह तापक्रमका अन्तर थोड़ा हो तो इसको सिद्ध करनेके लिये नीचे लिखे हुये प्रयोग किये जा सकते हैं।

प्रयोग २६—एक कलारीमापक मे कुछ गरम पानी लो और इसको एक पानीकी जाकट ख मे रखो। ख मे ठंडा पानी एक स्थिर तापक्रम पर रहता हो। क में एक तापमापक और मथनी भी है। हर एक मिनट पर क का तापक्रम पढ़लो और ठडे होनेका एक वक्र खींचो। फिर इस वक्रकी सहायता से ठडे होनेके वेगको एक अक्ष और तापक्रमके अन्तरको दूसरा अक्ष मान कर वक्र खींचो।

चित्र ५४

यह दूसरा वक्र एक सीधी लकीर के समान होगा जिससे मालूम होता है कि ठंडे होनेका वेग तापक्रमके अन्तर के समानुपाती है, जैसा कि न्यूटनका नियम बतलाता है।

ठण्डे होनेके वेग से द्रवका आपेक्षिक ताप निकालना:—न्यूटन के नियमसे हम यह निकाल सकते है कि अगर दो द्रवो का पृष्ठक्षेत्र बराबर हो और उनका विकिरण-पृष्ठ बिलकुल एकसा हो तो अगर वह दोनो एकसी अवस्थाओं मे रखे जावें तो विकिरण द्वारा कम हुई गर्मी प्रति सैकण्ड दोनोमे बराबर होती है। इससे हम द्रवो का आपेक्षिक ताप बहुत सरलता से निकाल सकते हैं। पहिले हम गरम पानीभर कर एक कलारीमापकके ३५° से ३०° तक ठंडे होनेका समय देख लेते हैं। फिर उसी कलारी-

मापक में पानीके वजाय द्रव उसी ऊँचाई तक भरते है और उसी हालत में ३५°से ३०°तक ठंडा होनेका समय देख लेतें हैं। अगर पहिला समय $स_1$, और दूसरा समय $स_2$ हो और कलारीमापक की मात्रा और आपेक्षिक ताप व और अ हो और उस द्रवका $व_1$, और $अ_1$ हो और पानी की मात्रा $ब_2$ हो तो ऊपर दिये हुये नियमसे

$$\frac{ब_2 + व\,अ}{स_1} = \frac{व_1\,अ_1 + व\,अ}{स_2}$$

बस उस द्रवका आपेक्षिक ताप $स_1$ निकाल सकते है।

विनिमय सिद्धान्त—स्टीफेनका नियम

अभी तक हम यह कह आयें हैं कि गर्म वस्तु ठंडी वस्तुको गर्मी देती है, लेकिन कुछ विचार करने से यह सिद्ध हुआ है कि गरम वस्तु भी गरमी ठंडी वस्तुसे लेती है, और ठण्डी वस्तु भी गरमी देती है। गरम वस्तु ज्यादा गर्मी देती है और ठण्डी वस्तु कम। इस कारण ठण्डी वस्तु अगर गरम वस्तुसे थोड़ी दूरी पर रखी जाय तो उसको यह थोड़ी ही गरमी देगी परन्तु उससे ज्यादा गरमी लेगी। नतीजा यह होगा कि ठण्डी वस्तुका तापक्रम बढ़ जायेगा। इस नियमको पहले पहल प्रीवोस्ट (Prevost) ने बतलाया था।

स्टीफेन (Stefan) का नियम बतलाता है कि किसी भी काली वस्तुसे विकिरण उसके निरपेक्ष तापक्रमके चौथे घातका समानुपाती होता है। इस नियमसे भी हम न्यूटनका नियम निकाल सकते हैं। अगर किसी वस्तुका तापक्रम ($त_1$ + त) हो और चारो तरफका तापक्रम $त_1$ हो और त एक छोटी संख्या हो तो स्टीफनके नियमसे ठण्डे होनेका वेग

$= क [(त_1 + त)^४ - त_1^४]$ जहाँ क एक स्थिर संख्या है

$= क [त_1^४ (१ + \frac{त}{त_1})^४ - त_1^४]$

$= क [त_1^४ (१ + ४\frac{त}{त_1} - त_1^४]$

$= ४क \; त \; त_1^३$

जो कि तापक्रम के अन्तर त के समानुपाती है।

अभ्यासके लिये प्रश्न

१—गरमी किन तीन रीतियोंसे फैलती है? प्रत्येकके उदाहरण दीजिये।

२—चलन, वहन और विकिरणमें परस्पर क्या भेद है? इनसे हम क्या लाभ उठा सकते वा उठाते हैं?

३—सामुद्रिक वायुकी गति और दिशा क्यों बदलती रहती है?

४—ताप चालकता किसे कहते हैं? सल के यन्त्रसे यह किस प्रकार निकाली जा सकती है? रबर की चलन शक्ति किस प्रकार निकालोगे?

५—विकिरण सामर्थ्य कैसे नाप सकते हैं? ताप विद्युत पुञ्ज और किरणमापकका विवरण दो।

६—यह कैसे सिद्ध किया जा सकता है कि दानबल = आदानबल? इस सम्बन्ध में रिटशी का प्रयोग बताओ।

७—न्यूटन ने वस्तुके ठण्डे होनेका क्या नियम निकाला है? स्टीफेन के विनिमय सिद्धांतसे इसकी किस प्रकार सिद्धि हो सकती है?

८—न्यूटनके नियमसे द्रवोंका आपेक्षिक ताप किस प्रकार निकाला जा सकता है?

१५—वर्षा, ओस, तुषार

इस धरती पर बराबर पल पल पर हज़ारों मन जल भाप बन जाती है। यह सब भाप हवामे मिली रहती है। हवा जितनी ही गरम होती है उतनी ही अधिक भाप उसमे समाती है। भापसे मिली हुई हवा साधारण वायुसे हलकी होती है। और धरती गरम हुई तो यह भापसे मिली हुई हवा और भी ऊपर चढ़ती है। ज्यों ज्यों ऊपर जाती है इसके ऊपरसे ऊपरी हवाका दवाव घटता जाता है और यह और भी फैलती जाती है। पर हमने अभी कहा है कि फैलनेमें गरमी खर्च हो जाती है, इसलिये यह भाप मिली हुई हवा ठण्डी पड़ जाती है। आकाशमे इस ऊंचाईपर आपही कड़ी ठण्डक है। भाप जमकर कुहरा या वादलके रूपमें दिखाई देती है। पानीके नन्हे नन्हे कण गौज जाते है, इन्हे ही वादल कहते हैं। जब वादल और ठण्डी जगह पहुँचते हैं तो यही नन्हे नन्हे कण एक दूसरेसे मिल कर भारी बूदें हो धरती पर बरस जाते हैं।

जब रातको आकाश निर्मल रहता है, धरती दिनभरकी सोखी हुई गरमीको आकाशमण्डलमें चारो ओर विखेर देती है, विकिरण करती है, इससे बहुत ठण्डी हो जाती है और पासकी हवाकी तहें भी ठण्डी पड़ जाती हैं। हवामें मिली हुई भाप भी ठण्डकसे जम जाती है। जब वायु ०° श या इससे भी अधिक शीतल हो जाती है तो तुषार पड़ता है और पृथ्वीतलका भी ताप-

क्रम 0° श हो तो हिम वा बरफ जम जाती है और हलके उजले रुईके गाले सरीखे धरती पर गिरते हैं। सूक्ष्मदर्शक यन्त्रसे देखने पर यही नन्हे हिमके कण भांति भांतिके छकोने चित्रसे दिखाई देते हैं। इसी कारण कभी कभी पत्थर भी पड़ जाते हैं।

ऊपर कही हुई बातोंसे यह मालूम होगया कि वर्षाका होना और ओसका पड़ना वायुमे मिली हुई भापपर निर्भर है। इसलिये वायुमे मिली हुई भापकी मात्राको मालूम करना बड़ी महत्वकी बात है।

प्रयोग २७—एक सरल विधि यह है। एक ऐसा पदार्थ जैसे खटिक हरिद, जो पानीको या भापको सोख ले, तिलक नलीमे रखकर नलीको तोल लो। इस नलीमेंसे वायुका एक नियत आयतन किसी यन्त्र द्वारा खींचो। जो वायु नलीके दूसरे सिरेसे निकलेगी भाप शून्य हो जावेगी। इस क्रियाके पीछे नली की तौलमे जो अधिकता हुई उससे यह मालूम हो गया कि वायु के इतने घन मीटरमे इतने ग्राम भाप मिली है।

केवल इतना हो जाननेसे कि प्रति घनमीटरमे इतने ग्राम भाप मौजूद है यह नहीं कहा जा सकता है कि अब वर्षा होगी अथवा ओस पड़ेगी। हमको यह जानना चाहिये कि जिस तापक्रमपर हमने भापकी मात्रा निकाली है उस तापक्रमपर वायुमण्डलकी वायुमें प्रति घनमीटर अधिकसे अधिक कितनी भाप रह सकती है। तापक्रम जितना अधिक होगा अर्थात् वायु जितनी ही अधिक गरम होगी उतनी ही अधिक भाप वायुमण्डलमे रह सकेगी।

मान लीजिए कि प्रयोगके समय वायुका तापक्रम 12°श

है। इस तापक्रमपर एक घनमीटर वायुमें जितनी अधिकसे अधिक भाप रह सकती है उसको औसत १७ ग्रामके लगभग होगी। यदि १७ ग्राम प्रति घनमीटर भाप मौजूद है तो कहेंगे कि इस समय वायुमण्डल संपृक्त है। यदि ज़रा भी तापक्रम घटेगा तो वायु में १७ ग्राम प्रति घनमीटर भाप नही रह सकेगी इसलिए कुछ भाप ओस या जलकी बूदोंके रूपमे पृथ्वीपर गिरेगी। जब किसी समय किसी नियम तापक्रमपर वायुमे जितनी अधिक से अधिक भाप समा सकती है मौजूद हो तो वायुको सम्पृक्त वायु कहते हैं?

यदि ऊपर दी हुई विधिसे हम मालूम करें कि वायुमे २०° श के तापक्रमपर प्रति घनमीटर १७ ग्राम भाप मिली हुई है तो वर्षा निश्चय है। वास्तवमे उस तापक्रमपर घनघोर घटा होते हुए भी १७ ग्रामसे कम ही, १६ या १६½ ग्राम भाप प्रति घनमीटर वायुमे मिलेगी। ऐसी अवस्थामे ज़रा भी तापक्रम घटनेसे तुरन्त वायु सम्पृक्तअवस्थाको पहुंच जाती है और वर्षा होने लगती है। यदि परीक्षासे पता चले कि प्रति घनमीटर वायुमें केवल ९ ग्राम भाप है तो वर्षा नहीं हो सकती किन्तु रातको ओस पड़नेकी सम्भावना है। क्योंकि यदि दिन को तापक्रम २०°श हो तो रातको १०°श तक पहुंच जाता है, और १०°श पर प्रति घनमीटर वायु ९ ग्राम भापसे अधिक नहीं रख सकेती है। इस हालतमे १०° को ओसांक कहते हैं। यह तापक्रम है जहाँ तक दी हुई गैसको ठण्डा करनेसे उसमें मिली भाप जमना शुरू हो जावेगी। यदि भापकी मात्रा और भी कम मिले और रातको ताप-क्रम इतना कम न हो कि यह मात्रा वायुको सम्पृक्त अवस्थाको पहुंचा सके तो ओस भी नहीं पड़ सकती।

जो हिसाब ऊपर दिया गया है उसमे बड़ी नाप तोलकी आवश्यकता है। इससे भी सरल विधियां हैं जिनमे नाप तोल कम करनी पड़ती हैं। एकका यहां वर्णन करते हैं।

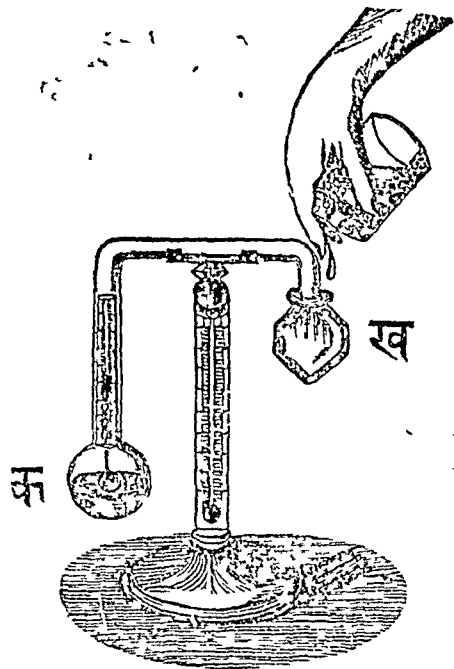
प्रत्येक तापक्रमपर सम्पृक्त वायुमे भापका जितना दबाव होता है निकाल लिया गया है। यह दबाव इस सूचीमे दिये हुए हैं—

सम्पृक्त वायुमें भापका दबाव

तापक्रम	दबाव सहस्रांश मीटरोंमे	तापक्रम	दबाव सहस्रांश मीटरोंमे	तापक्रम	दबाव सहस्रांश मीटरोंमे	तापक्रम	दबाव सहस्रांश-मीटरोंमे
०	४·६०	१२	१०·४६	२४	२२·१८	४०	५४·९०
१	४·९४	१३	११·३६	२५	२३·५५	४५	७१·३९
२	५·३०	१४	११·९०	२६	२५·००	५०	९१·९८
३	५·६९	१५	१२·७०	२७	२६·५०	५५	११७ ४८
४	६·१०	१६	१३·६४	२८	२८·१०	६०	१४८·८०
५	६·५३	१७	१४·४२	२९	२९·७८	६५	१८६·९५
६	७·००	१८	१५·३६	३०	३१·५५	७०	२३३·१
७	७·५०	१९	१६·३५	३१	३३·४०	७५	२८८·५१
८	८·०३	२०	१७·४०	३२	३५·३६	८०	३५४·६४
९	८·५८	२१	१८·५०	३३	३७ ४१	८५	४३३·४१
१०	९·१७	२२	१९·६६	३४	३९·५६	९०	५२५·४५
११	९·८०	२३	२२·८९	३५	४१·८३	९५	६३३·७८
						१००	७६०·००

किसी तापक्रमपर वायुमें भापका दबाव इतना ही हो जितना इस सूचीमें दिया हुआ है तो वायुको संस्पृक्त वायु कहना चाहिये। अब प्रश्न केवल इतना ही रह गया कि किसी समय वायुमें भापका दबाव कितना है। यह भापमापक यंत्र द्वारा इसी सूचीकी सहायतासे निकाल लिया जाता है।

प्रयोग २८—क और ख (चित्र ५५) दो बल्ब हैं जो एक नली द्वारा जुड़े हुए हैं। बल्बोंको बन्द करनेके पहले क मे एक तापमापक रखकर ईथर को उबालकर हवा बिलकुल निकाल दी गई है। इन बल्बोंमें ईथर और उसकी भापके अतिरिक्त कुछभी नही है। इस यंत्र को क्लेदमापक कहते हैं।

ख पर एक कपड़ा लपेट कर ईथर डाला जाता है। कपड़ा होनेके कारण ईथर इस पर ठहरता और भाप बनकर हवामे उड़ता जाता है। ख ठण्डा होजाता है जिससे उसके अन्दरकी भाप जम जाती है। क के भीतरका ईथर और भाप देता जाता है जिससे यह ईथर और क ठण्डे हो जाते हैं। क के ईथरका तापक्रम उसके भीतर रखे हुए तापमापकसे मालूम होजाता है। थोड़ी

डेनियलका क्लेदमापक

चित्र ५५

देर तक ख पर ईथर डालनेसे क इतना ठण्डा होजाता है कि उस पर ओस पड़ जाती है। जैसे ओस आती है ख पर ईथर डालना बन्द करके क के तापमापकसे तापक्रम पढ़ लिया जाता है। ख पर ईथर डालना बन्द करनेसे क गरम होने लगता है और ओस लुप्त हो जाती है। क के तापमापकसे फिर तापक्रम पढ़ लिया जाता है। दोनो तापक्रमोकी औसत वह तापक्रम है जिसपर ओस बनी थी। इस तापक्रमको ओसाक कहते हैं।

चूँकि वायुकी भापसे उस समय तक ओस नहीं जम सकती थी जब तक वायु सम्पृक्त अवस्थामे न हो, इससे यह नतीजा निकला कि वायुमे जितनी भाप समाई थी वह ओसांक पर हवाको सम्पृक्त कर सकती थी। सूची देखकर ओसांक पर भापका दबाव मालूमकर लिया जाता है। यही प्रयोगके समय वायुकी भापका दबाव हुआ।

अब हमको दोनो बातें मालूम हो गयी—जितनी भाप हवामे थी उसका दबाव और जितनी अधिकसे अधिक भाप हवामे प्रयोगके समय वाले तापक्रमपर रह सकती है उसका दबाव। यह मालूम होगया कि वायुकी वर्तमान अवस्था और सम्पृक्त अवस्था मे क्या भेद है। प्रयोगके समय उस समयके तापक्रमपर वायुमे समाई हुई भापके दबाव और उसी तापक्रमपर सम्पृक्त वायुकी भापके दबावमे जो निष्पत्ति है उसे वायुकी आपेक्षिक आर्द्र अवस्था या कभी कभी साधारण बोल चालमे संक्षेप रूपसे वायुकी अवस्था कहते है। किसी समय वायुमण्डल सम्पृक्त है तो उसकी आपेक्षिक आर्द्र अवस्था १ हुई।

ओसांक वाले भापके दबावको सम्पृक्त वायुकी भापके दबाव से भाग देनेसे जो संख्या मिलती है, आपेक्षिक आर्द्र अवस्था

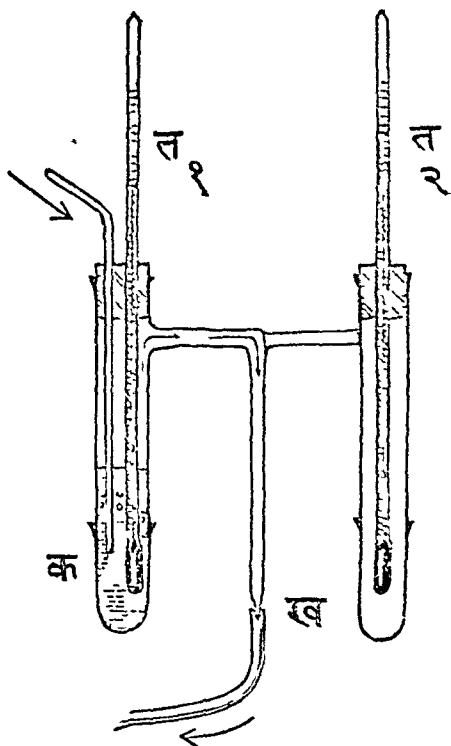
हुई। ये संख्याएं सदा एकसे कम होती हैं, क्योंकि सम्पृक्त अवस्था मे वायुमे अधिक भाप होती है। इसलिये सम्पृक्त वायुकी आद्र अवस्थाको इकाई न मानकर १०० मान लेते हैं और किसी समयकी आपेक्षिक आर्द्र अवस्था वाले अंकको १०० से गुणा करके प्रतिशत आपेक्षिक आर्द्र अवस्था निकाल लेते है। दैनिक समाचार पत्रोमे प्रतिदिन वायुमण्डलकी प्रतिशत आपेक्षिक आर्द्र अवस्था दी जाती है, जिसे समाचारपत्रवाले वायुमण्डलकी अवस्था कहते है।

उदाहरण—एक दिन वायुका तापक्रम २०°श था और ओसांक १५°श मिला। सूचीके अनुसार २०°श पर भापका दबाव १७४ और १५°श पर १२·७ सहस्रांश मीटर है। इस दिन वायु की आपेक्षिक आर्द्रता $= \frac{१२·७}{१७·४} \times १०० = ५४·७$ प्रति सैकड़ा।

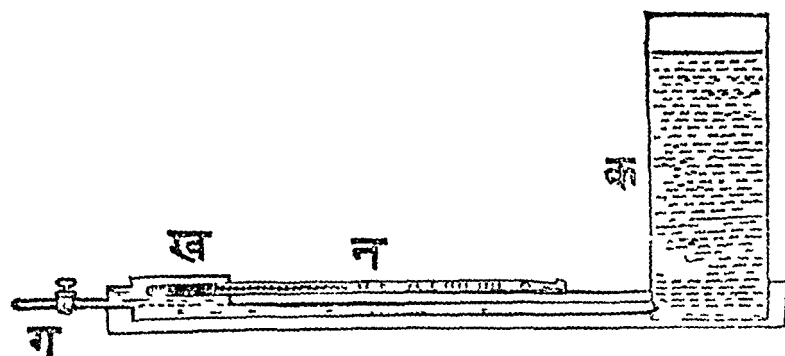
डेनियल का क्लेद-मापकसे जो ऊपर बतलाया गया है ठीक ठीक ओसांक नही निकलता, ग़लतीकी बहुत सम्भावना है क्योंकि क्लेदमापकके द्रवके पृष्ठ पर भाप बनती है और तापमापक द्रवके अन्दरका तापक्रम देता है और द्रव टारा नही जाता, इसलिए पृष्ठका तापक्रम अन्दरके तापक्रमसे भिन्न रह सकता है। (२) शीशा कुचालक है, इस कारण द्रवका तापक्रम बाहर हवाके तापक्रमसे भिन्न होगा (३) बहुत जल्दी ठंडा होता है और इसको हम काबू नही कर सकते (४) ईथर (ज्वलक) जो ख से हवामे भाप बन कर आजाता है वह ओसांकको बदल सकता है। इन सब बातोको दूर करनेके लिये रेनो (Regnault) या डाइन (Dine) का क्लेदसापक इस्तेमाल किया जाता है।

रेनोका क्लेदमापक

चित्र ५६

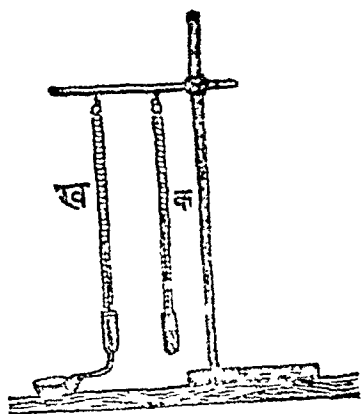
यह चित्र ५६ मे दिखलाया गया है। क एक परख नली है जिसके निचले भागकी जगह चांदीका एक सिरा लगा दिया गया है। उसमे ईथर रखा हुआ है। एक हवाकससे इस ईथरमेसे हवा होकर बाहर निकलती है। ईथर भाप बन कर उड़ने लगता है और क का तापक्रम कम होने लगता है यहां तक कि चांदी पर ओस जम जाती है। उसी समय ईथर का तापक्रम तापमापकसे पढ़ लिया जाता है। हवाका बहाना बन्द कर दिया जाता है और फिर जब ओस लुप्त हो जाती है तो तापक्रम देख लेते है। इन दोनो तापक्रमोका औसत लेते हैं। दूसरी परख नली ख सिर्फ तुलनाके लिये है ताकि साफ मालूम होजाय कि अब ओस जम गई। उसके अन्दरका तापमापक हवाका तापक्रम देता है। यह यंत्र ऊपर दिये हुये यंत्रसे अच्छा है, क्योकि (१) द्रव अच्छी तरह टरता रहता है, इसलिये तापमापक द्रवका ठीक

ठीक तापक्रम देता है (२) चांदी सुचालक है, इसलिये द्रवका तापक्रम बाहरके हवाके तापक्रमके ही बराबर रहता है, (३) ठंडे होनेका वेग क़ाबूमें किया जा सकता है, (४) ओसका जमना दूरबीनसे देखा जाता है।

डाइनका क्लेदमापक

यह चित्र ५७ मे दिखलाया गया है। यह बहुत सरल है।

चित्र ५७

एक बरतन क मे बरफ़से ठंडा किया हुआ पानी भर देते हैं और इस पानीको ग नली द्वारा बहने देते हैं। ख एक ऐसा बर्तन है जो दो भागमे बंटा हुआ है, निचले भागसे ठंडा पानी बहता है। इसके कारण ऊपरके भागका पानी भी ठंडा होने लगता है। यहाँ तक ख के ऊपर ओस जम जाती है। तापमापक न को उस समय पढ़ लेते हैं, यह ही ओस तापक्रम या ओसांक हुआ।

नम और शुष्क बल्ब क्लेदमापक

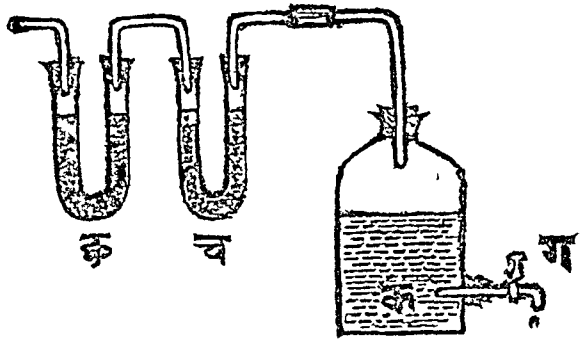
ओसांकसे क्लेद निकालनेके लिये एक और बहुत साधारण यत्र है जिसे नम और शुष्क बल्ब क्लेदमापक कहते है। दो तापमापक क, ख पास पास लटकाये हुए है। ख के बल्बके चारों ओर पानीमे भिगोया हुआ मलमलका कपड़ा लपेट दिया जाता है, और इस कपड़ेका निचला भाग एक वर्तनमे जिसमे पानी रखा हुआ है, डूबा हुआ है। अगर हवा सूखी है तो मलमलका पानी भाप बन कर

चित्र ५८

उड़ने लगेगा जिसके कारण ख का बल्ब ठण्डा हो जायगा और ख का तापक्रम क से कम होगा। क और ख के तापक्रमका अंतर हवाकी क्लेदता पर निर्भर है। ऊपर दिये हुये यत्रो द्वारा हम निकाल सकते हैं कि नियत दशामे भिन्न भिन्न क्लेदों पर क, ख के तापक्रममे कितना अन्तर है। फिर गढ़े हुए समीकरण वना लिये जाते है जिनके द्वारा क, ख के तापक्रमका अन्तर जाननेसे ही क्लेद और ओसांक निकाल सकते हैं।

रासायनिक क्लेदमापक

इस यंत्र से क्लेद बहुत ठीक ठीक निकाल सकते है परन्तु मामूली कामोके लिये ऊपर दिये हुए यंत्रसेही काम चल जाता है।

क मे पानी भरा हुआ है। जब यह पानी ग से बाहर निकाला

जाता है तो हवा च, छ नलियोंसे होकर क मे भर जाती है। च, छ में खटिक हरिद भरा हुआ है। यह हवाकी सब भापको सोख लेता है। इसकी मात्रामे जो अधिकता हो जाय वह हवामे भापका बोझ हुआ। फिर उतनाही आयतन हवाका पानी मे से होकर च, छ मे जाता है। इस बार मात्रामे जो अधिकता हुई वह सम्पृक्त हवामे भापकी मात्रा हुई।

चित्र ५९

$$\text{क्लेद} = \frac{\text{पहली अधिकता}}{\text{दूसरी अधिकता}}$$

अभ्यासकेलिए प्रश्न

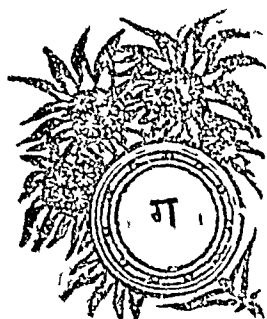
१—वर्षा, ओस और तुषारके क्या कारण है ?

२—ओसाक किसे कहते है ? रेनो और डाइन का क्लेदमापक किन कामो में आता है ?

३—ओसाककी सहायतासे वायुकी आपेक्षिक आर्द्रता कैसे निकालते हैं ?

४—रासायनिक क्लेदमापक का वर्णन करो।

५—नम और शुष्क वल्व क्लेदमापक का विवरण दो।

१६—गरमी क्या है ?

रमी अनेक रूपोंमे मिलती है। पृथ्वी-पर सारी गरमी सूरजसे आती है। लकड़ी कोयला आदि जलाकर भी गरमी पैदा की जाती है। रगड़नेसे भी गरमी पैदा होती है, ठण्डा हाथ रगड़नेसे गरम हो जाता है। दो लकड़ियां रगड़कर अगले लोग आग बनाते थे। किसी धातुको पत्थरपर तेज रगड़कर इतना गरम कर सकते हैं कि अँगुलियाँ छू न सकें। लोहार लोहेको हथोड़ेसे पीट पीटकर इतनी अधिक गरमी पहुँचा देता है कि लोहा बहुत गरम हो जाता है। संगतराश पत्थरपर छेनी लगाता है तो आगकी चिनगारी उड़ती हैं। दौड़ते हुए घोड़ोंकी नालसे चिनगारियां निकलती रातको दीखती हैं। चलती रेलके पहियेमें ब्रेक लगानेसे गले हुए लोहेकी चिनगारियां उड़ने लगती हैं। बरीके चूनेपर पानी डालनेसे भी गरमी पैदा होती है। ज्वालामुखी पर्वतसे पिघले हुए पत्थर और अँगारे निकलते है। पृथ्वीके गर्भमे बड़ी प्रचंड ज्वाला है। हिमालयमे अनेक जगह तप्त जलके कुंड हैं। पृथ्वीपर अनेक देशोंमे गरम जलके फौवारे निकलते रहते हैं।

जब कोई पदार्थ एक स्थानसे दूसरे स्थानको रुकावटके होते हुए हटाया जाय, तो काम होता है। कामकी वैज्ञानिक परिभाषा यही है। किसी पिंड वा किसी समुदायसे काम करनेकी जितनी समाई होती है उसे सामर्थ्य कहते हैं। गरमीमे भी फैलानेका गुण है, जिस पिंडमे गरमी है उसमे फैलाने अथवा काम करनेकी समाई है

इसलिये सामर्थ्य है। इसीलिए कहते हैं कि गरमी भी सामर्थ्य का एक रूप है।

हम यह भी देख चुके कि गरमीसे सभी पदार्थोंका आयतन बढ़ जाता है और जब एक हद्दतक आयतन बढ़ लेता है तो अवस्था भी बदलने लगती है, ठोस गल गलकर द्रव होने लगता है, द्रव उड़ उड़कर भाप हो जाता है। भापकी दशामें भी अधिकाधिक गरमी पहुंचायी जाय तो उसके आयतनमें प्रसार होता जाता है। कोई कोई भाप या गैस अत्यन्त आँच पाकर छिन्न भिन्न हो जाते हैं, अपनी प्रकृति बदल लेते हैं। निदान, गरमी काम करती है, काम सामर्थ्यसे होता है इसलिए गरमी सामर्थ्यका एक रूप है।

गरमी सब पदार्थोंको फैला देती है इस वाक्यका वास्तविक अर्थ क्या है?

जिस तरह हिन्दू शास्त्रोंमें परमाणुवाद है, उसी तरह विज्ञानमें भी परमाणुवाद है। परमाणुवाद एक बहुत बड़ा और कठिन विषय है परन्तु यहां उसकी मोटी मोटी बातें बिना बताये इस प्रश्नका उत्तर समझमें नहीं आ सकता।

संसारमें जितने भारवान् पदार्थ हैं, हलकीसे हलकी हवासे लेकर भारी द्रव या ठोस पदार्थोंतक, सब ही अत्यन्त छोटी छोटी रेणुकाओंसे बने हैं। यह रेणुकाएँ इतनी छोटी हैं कि किसी यंत्रसे देखी नहीं जा सकती। जब कभी सूर्यकी किरणें किसी छोटे या पतले छेदसे होकर अँधेरे कमरेकी भीत या भूमि-पर पड़ती हैं तो प्रकाशकी एक लकीर या चादर सी बन जाती है जिसमें अत्यन्त छोटे छोटे रेणु उसमें उड़ते दीखते हैं। यह

रेणु अपनी छुटाई के कारण और किसी तरह पर दीख नहीं पड़ते। इन्हे, त्रसरेणु कहते है। परन्तु जिन रेणुकाओंके यह त्रसरेणु बने हैं, वह रेणुका जैसा हम ऊपर कह आये, उत्तमसे उत्तम सूक्ष्मदर्शक यंत्रसे भी नहीं दीख सकती। इन अत्यन्त नन्ही रेणुकाओंको अणु कहते हैं।

जितने पदार्थ हैं सब इन्हीं अणुओंके बने हुए हैं। बरफ हो, पानी हो या भाप हो सब ही एक जल+अणु=जलाणुके समूह हैं। गंधक क़लमी हो, गला हुआ हो, भाप हो गया हो परन्तु प्रत्येक गन्धकाणुकाही समूह है। देखनेमें बरफ़, पानी, भाप के रूपोंसे बड़ा अन्तर मालूम होता है, परन्तु यह अन्तर जलके अणुओंके रूप बदलनेसे नहीं हुआ।

जलाणुओंमें कोई विकार उत्पन्न नहीं हुआ, वह ज्यों के त्यों हैं तो स्थूल रूपमें विकार या अन्तर क्यों दीखता है?

इसका कारण यह है कि ठोस या द्रव पदार्थों मे यद्यपि देखनेमे अपनी अत्यन्त सूक्ष्मताके कारण सब अणु सटे हुए मालूम होते है तथापि इनमे हर एक अणु दूसरेसे अलग है, और अलग ही नहीं बल्कि बराबर हिल रहा है, काँप रहा है और काँपता भी है तो अत्यन्त वेगसे। इतने वेगसे हिलते हुए भी एक नियत सीमाके भीतर ही उसका हिलना जारी रहता है। दो अणुओंके बीच इस तरह कुछ जगह खाली रहती है, परन्तु इसी खाली जगहको अत्यन्त सूक्ष्मताके कारण किसी यन्त्र द्वारा भी नहीं देख सकते। इस खाली जगहको मध्यदेश कहना चाहिये।

जब किसी पदार्थको गरमी पहुँचायी जाती है तो अणु कुछ अधिक लम्बा कम्पन करते हैं। इस कारण मध्यदेश बढ़ जाते हैं। इससे ही पदार्थोंका फैलना देखनेमे आता है। अधिक गरमी

देनेसे यह मध्यदेश अधिक बढ़ते है, इसी तरह बढ़ते बढ़ते द्रव की दशा हो जाती है। मध्यदेश इतना बढ़ जाता है कि पदार्थ ठोस और स्वावलम्बी होनेके बदले फैलकर बरतनके आधारपर रहता है और उसके अणु बरतनकी भीतसे टकराते हैं और हवासे टकराते और उससे मिलते भी जाते हैं। द्रव होने पर भी जब अत्यंत गरमी पहुंचायी जाती है, मध्यदेश बहुत बढ़ जाता है जिससे अणुओका समूह अर्थात् पदार्थ अदृश्य हो जाता है परन्तु जिससे अणुओंके हिलने काँपनेका विस्तार बढ़ जाता है, अणु दसो दिशाओंमें अधिक वेगसे चलने और बरतनसे टकराने लगते हैं।

ऐसी दशामे अधिकाधिक गरमीसे अधिकाधिक फैलाव होता है, यहां तक कि अत्यन्त तापसे अणुतक छिन्न भिन्न हो जाते हैं और पदार्थ बदल जाता है। इस दशामे गरमीने अणुओंको उनकी स्वतन्त्र गति होते हुए भी बराबर हटाया, उसने काम किया।

हम ऊपर कह आये हैं कि पृथ्वीकी सारी गरमी सूर्य्यसे आती है और आती रहती है। आँचके पास खड़े होनेसे जैसे गरमी हमारे पास आती है, सूर्य्यसे भी उसी तरह आती है। सारे विश्वमे एक अत्यन्त सूक्ष्म तत्व फैला हुआ है जो भीतर बाहर सबमे प्रविष्ट है। इसे आकाशतत्व कहते हैं।

आकाशतत्वमें सूर्य्यके तापके कारण अनेक परिमाणकी लहरें उठती है। इनमे कुछ लहरें जो हमारी आँखपर असर डालती हैं प्रकाशकी लहरें कही जाती हैं। इससे यह अभिप्राय नहीं है कि प्रकाशकी लहरोंमें कुछ गरमी होती ही नहीं। वास्तवमें ऐसे यंत्र हैं जिनसे इन लहरोंकी भी गरमी मालूम करली जाती है।

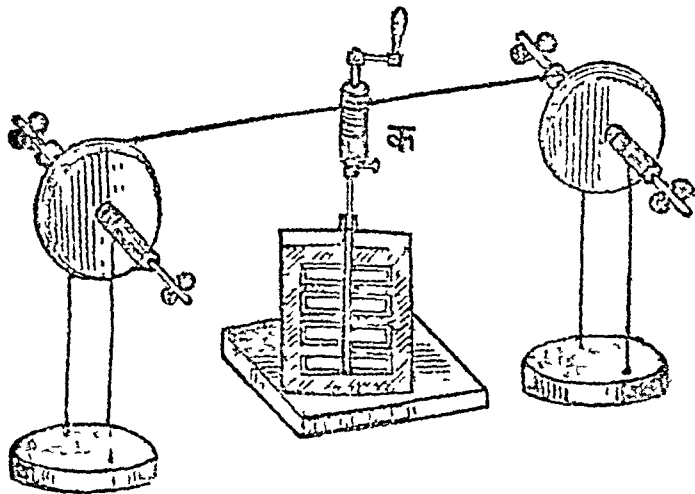
प्रकाश और तापकी लहरोंमे केवल परिमाणका ही भेद है जो लहरें हमारी आँखोंको चेता देती है प्रकाशकी लहरे कहलाता है । उन लहरोंसे जिन्हे हम तापकी लहरें कहते हैं प्रकाश की लहरे छोटी होती हैं । जो लहरें प्रकाशकी लहरोंसे भी छोटी होती हैं उन्हे हम फोटोग्राफीके प्लेट द्वारा जान सकते हैं ।

जैसे २ लहरे छोटी होती है उनके गुण भी विचित्र होते जाते है । इन विचित्र गुणोंका वर्णन और ग्रन्थोंमे मिलेगा। यहाँ हमको केवल इतना ही कहना है कि यह लहरें परमाणु और अणुओंके कम्पनसे निकलती है । इसलिये गरमीकी उत्पत्ति इन अणु परमाणुओंके कम्पनसेही है । कम्पनका फैलापन बड़ा हुआ तो वस्तु बड़ी गरम और यदि छोटा हुआ तो वस्तु ठण्डी है । वस्तु इतनी भी ठण्डी की जा सकती है कि इन अणु और परमाणुओं का कम्पन बिलकुल बन्द हो जाय। जिस तापक्रमपर ऐसा हो उसको वास्तविक शून्यका तापक्रम कहा है क्योंकि इससे नीचा तापक्रम अथवा इससे अधिक ठण्ड ध्यानमे भी नहीं आ सकती ।

ऊपर बतलाया गया है कि गर्मी सिर्फ अणुओंके चलने फिरने से सम्बन्ध रखती है, गोया गर्मी सामर्थ्यका एक रूप है । इस बातको सिद्ध करनेके लिये अब कुछ प्रयोग बतलाये जायंगे। पहले पहिल काउण्ट रमफर्डने कहा कि गर्मी सिर्फ गतिका एक रूप है । सन् १८४० ई० के लगभग जूल (Joule) ने इस बात को बिलकुल सिद्ध कर दिया है । उन्होंने यह भी निकाल लिया कि एक कलारी गरमी कितने कामके बराबर होती है । अगर हम क अर्ग काम करे जोकि सब गरमी पैदा करनेमे लग जाय और अ कलारी गरमी पैदा करे तो क = अ × ज

ज को तापका यान्त्रिक तुल्यांक कहते है। इस सम्बन्धको ताप गति विज्ञानका प्रथम सिद्धान्त कहते है।

जूलका प्रयोग

जूलने बहुतसे प्रयोग किये। उनका पहलेका यंत्र चित्र ६० में दिखाया जाता है। क एक चकरी (गिर्री वा गड़ारी) है जिसपर एक रस्सी लपेटी हुई है। रस्सी के दोनो सिरे चकरी परसे होकर बोझसे बांध दिये गये

चित्र ६०

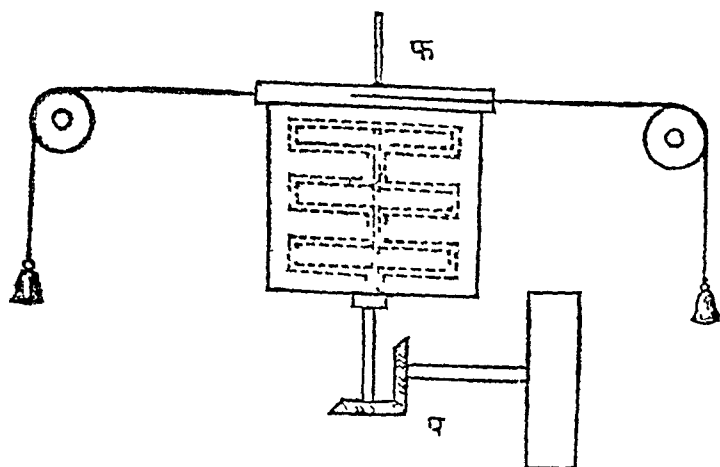
हैं। चकरीसे लगी हुई कई परवो की डांडी है। यह एक ऐसे बरतनमे जिससे भी परव हैं पानी को मथती है। बाट जमीनपर गिरते है जिनके कारण चकरी घूमती है और पानीको मथती है। बाट जब पृथ्वी तक पहुंच जाते हैं तो फिर चकरी घुमाकर बाट पहिली ऊँचाई पर लाये जाते हैं और ऐसा बार बार किया जाता है। अगर हर बाटका भार म ग हो और द दफा भार अ ऊँचाईसे गिरा हो तो बाटने कुल काम २ दमगअ किया और यह = जवत अगर व कलारीमापक और उनके अन्दरकी चीजोका जलतुल्यांक हो और उसके तापक्रममें अधिकता त हो।

$$ज = \frac{२ द स ग श्र}{व त}$$

ठीक नतीजा निकालनेके लिये बहुतसे शोधनोंकी आवश्यकता है। अगर बाटका वेग जमीनके पास प हो और रगड़ $म_१$ ग अर्ग हो तो काम

$$= [२ द (म ग श्र - \frac{१}{२} म प^२) - द म_१ ग श्र] अर्ग$$

रोलैण्डका प्रयोग

जूलके प्रयोगमे तापक्रम बहुत धीरे धीरे बढ़ता है। रोलैण्ड

चित्र ६१

ने ऐसा यत्र निकाला जिसमे तापक्रम जल्दी जल्दी बढ़े, जिसके कारण प्रयोगका नतीजा बहुत ठीक निकलता है। इसमे पख एक मोटरसे बहुत तेजीके साथ घुमाये जाते हैं, जिससे काम बहुत

ज्यादा होता है और इसलिये तापक्रम बहुत जल्दी जल्दी बढ़ता है। रोलैण्डके प्रयोगमें तापक्रम फी घण्टे ४०°श बढ़ता था। प एक पहिया है जो मोटरसे घुमाया जाता है। इससे पख घूमते है। रगड़की वजहसे बाहरका बरतन भी घूमनेकी कोशिश करता है परन्तु यह एक डंडेसे जुड़ा हुआ है जिसपर एक पहिया फ लगा है। फ के चारो ओर एक रस्सी लपेटकर उसके दोनो सिरोंसे दो बाट जिनका भार म ग है लटका दिये गये हैं। जब मोटर चलने लगता है तो बाटको ऐसे अन्दाज़ेसे रखते हैं कि बाट सदा स्थिर रहे, न ऊपर आवे और न नीचे। बस रगड़युग्म जो पानी बाहरी बरतन पर लगाता है वह बराबर है म ग द, अगर फ का व्यास द हो। अगर मोटर च चक्कर फी सेकंड लगावे तो घर्षण युग्मने जो काम किया वह = युग्म × ऐंठनका कोण

= म ग द × २ π च

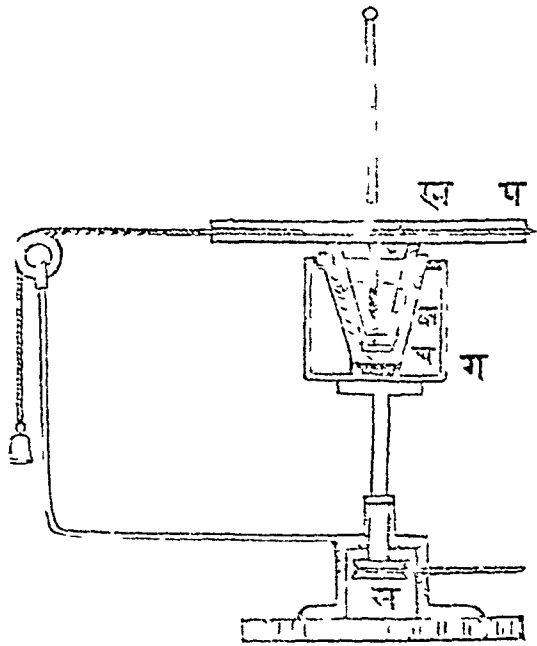
और अगर पूरे बरतनका जल तुल्यांक व और फी सेकंड तापक्रम की अधिकता त हो तो

म ग द × २ π च = ज. व. त

इससे ज निकाला जा सकता है।

प्रयोगशालामें प्रचलित ज निकालनेकी विधि

ज के निकालनेका एक साधारण यंत्र है जिसे हम आसानी से इस्तेमाल कर सकते हैं। क एक पीतलका शङ्कु है जोकि एक धातु के बर्तन ग से जोड़कर रखा हुआ है। काली चीज जो क और ग के बीचमें है इबोनाइट है। यह कुचालक है इसलिये गरमी बाहर नहीं जाती। क के अन्दर पीतलका एक दूसरा शंकु रखा हुआ है जो इसमें अच्छी तरह बैठ जाता है। ख एक पहिया

प मे अड़ा हुआ है। पहियेके चारो ओर एक रस्सी लपेटी हुई है जिससे एक बाट लटकता है। मोटरसे म चकरी को घुमाते है जिससे क घूमता है। रगड़ के कारण ख भी घूमना चाहता है। उसपर एक युग्म लग जाता है लेकिन ठीक भारके लटकाने से ख या प का घूमना बन्द हो जाता है और बोझ हर समय एक ऊँचाई पर बना रहता है। इस दशामे रगड़ युग्म = बोझ द्वारा लगा हुआ युग्म। ख मे पानी रखते है। रगड़से जो काम हुआ उससे पानी गरम हो जाता है फिर ऊपर दिये हुए समीकरणसे ज निकाल सकते हैं।

चित्र ६२

दो आपेक्षिक तापोंसे ज निकालना

पहले बतलाया जा चुका है कि गैसके दो आपेक्षिक ताप होते हैं, एक स्थिर आयतनपर ($स_{अ}$)और दूसरा स्थिर दबावपर ($स_{द}$)

अगर किसी गैसको गरम करें और उसका आयतन स्थिर रखें तो सारी गरमी गैसकी गत्यर्थक सामर्थ्य या अणुओंके वेगको बढ़ानेमें लग जाती है लेकिन अगर उसका आयतन स्थिर न रखें परन्तु उसका दबाव स्थिर रखे तो आदर्श गैसके नियमके अनुसार उसका आयतन बढ़ जावेगा। इस आयतनके बढ़नेमे गैस कुछ काम करती है। अबकी बारी कुछ गरमी गैसकी गत्यर्थक सामर्थ्य बढ़ानेमे लगेगी और कुछ बाहरी काम करनेमे लगेगी। अब हम इसका हिसाब निकालेंगे।

यह निकालनेके लिये कि गैस स्थिर दबावपर फैलनेमे कितना काम करती है एक बेलन मे गैस लो जिसका मुंह चलती फिरती डाट से बन्द हो। मानलो कि गैस का दबाव द और आयतन अ है और बेलन के मध्यच्छेद का क्षेत्रफल प है। गरम करने से गैस फैलकर ल इकाई लम्बाई ऊपर चढ़ आयी तो डाट जिसपर द × प डाइन का दबाव है, ल इकाई पीछे हटी। इसलिये गैस ने डाट पर द × प × ख = द (प × ख) अर्ग काम किया लेकिन प × ख = आयतनमें परिवर्तन इसलिये, काम = दबाव × आयतनमें परिवर्तन। चाहे डाट हो या न हो काम उतने ही के बराबर होता है।

एक ग्राम गैस लो जिसका आयतन द₁ दबाव और त₁ तापक्रम पर अ₁ हो। स्थिर आयतन पर गैस का तापक्रम 1° बढ़ाने के लिये कुछ गरमी $स_अ$ की आवश्यकता होगी, जहाँ $स_अ$ = उसी गैस का आपेक्षिक ताप स्थिर आयतन पर। लेकिन अगर गैस का आयतन स्थिर न रखा जाय और उसका दबाव स्थिर रखा जाय तो उसका आयतन बढ़ जायगा। इस आयतनके बदलेमे गैस कुछ बाहरी काम करेगी। इस कारण 1° तापक्रम बढ़ानेमे अब अधिक

गरमी $स_द$ की आवश्यकता होगी। $स_द$ और यह अधिक गरमी उस कामके तुल्य होगी जो कि गैस करती है। इसलिये गैस का काम = ज ($स_द — स_अ$)। अगर ($त_१ + १)^°$ पर गैस का आयतन $अ_२$ हो जाय तो गैस का काम

= द (आयतन में परिवर्तन)

$= द (अ_२ - अ_१)$

$= र[(त_१ + १) - त_१]$ आदर्श गैसके नियमके अनुसार

= र

$ज (स_द — स_अ) = र$

अगर हम अणुभार म से गुणा करदें, तो

$जम (स_द — स_अ) = मर$

= ग्रामअणुके लिये गैस स्थिरांक

र गैस स्थिराक है जिसका मान हमे मालूम है। बस अगर हम $स_द$ और $स_अ$ जानले तो ज निकल सकता है। उदाहरणके लिये—

उदजन के लिये $मस_द = ७$ कलारी

$मस_अ = ५$,,

$$मर = \frac{द_० अ_०}{त_०} = \frac{७६० \times १३\cdot६ \times ९८१ \times २२\cdot३ \times १०^३}{२७३}$$

$$= ८\cdot३६ \times १०^७ \text{ अर्ग}$$

$$ज = \frac{८\cdot३६ \times १०^७}{२} = ४\cdot१८ \times १०^७ \text{ अर्ग}$$

ज के निकालने को एक विद्युत् विधि भी है जिसका हाल विद्युत् की किताब मे मिलेगा।

अभ्यासके लिये प्रश्न

१—त्रसरेणु क्या है? मध्यदेश किसे कहते है?

२—फैलावके वास्तविक कारण क्या है?

३—गरमी कहा कहासे किस प्रकार आती है?

४—ताप और प्रकाशकी लहरोंमें क्या भेद है?

५—सामर्थ्य किसे कहते है? ताप और सामर्थ्य में क्या सम्बन्ध है?

६—लहरें कैसे उत्पन्न होती हैं? लहरोंके किस गुणपर उनकी भिन्नता निर्भर है? भिन्न प्रकारकी लहरोंका ज्ञान कैसे होता है?

७—जूलका सिद्धान्त क्या है?

८—तापका यान्त्रिक तुल्यांक किसे कहते है? प्रयोगशालामें ज का मान किस प्रकार निकाला जा सकता है?

९—रोलैण्डके यन्त्रकी क्या विशेषता है?

१०—गैसके स्थिरायतन और स्थिर दबावके आपेक्षिक तापोंसे किस प्रकार ज निकाल सकते हैं?

शब्दानुक्रमणिका